

Foreword

Members of ISTRC, and specially those who attended the VIIth Symposium will be disappointed perhaps of some lacks in these proceedings. Namely : conclusions of round tables, minutes or recommendations of Council and general meeting of the Society.

Nobody will be surprised however that facing a thousand pages of papers delivered to the participants, financial constraints led to mind at priorities and directed to drastic elimination even between or within papers, apart for a few exceptions which could be related with incredible mailing randomization at times. This last factor accounts for the main part of the publishing delay.

In spite of that we hope that these proceedings hold the essential of the VIIth ISTRC Symposium and that they will remain a long lasting reference publication for all research workers in science and agronomy of root and tuber crops in the tropical area.

Lucien M. DEGRAS
Vice-President (1983-1985)
President Organizing Committee VIIth Symposium
Elected Life Member (1985)

Avant-propos

Des membres de l'ISTRC et surtout ceux ayant participé au VII^e Symposium seront sans doute affectés par quelques lacunes de ces compte-rendus. Très précisément : l'absence des conclusions des tables rondes, des procès-verbaux ou des recommandations de réunions du Conseil et de l'assemblée générale de la Société....

Personne ne s'étonnera cependant qu'au regard des quelque mille pages de communications, les contraintes financières aient conduit à définir des priorités et même à des réductions et des éliminations de communications. Autant qu'il était nécessaire, la coopération des auteurs a été obtenue, mises à part quelques exceptions, lesquelles pourraient correspondre parfois à d'incroyables hasards de la poste. Ce dernier facteur est à l'origine de la plus grande partie du délai de parution.

En dépit de cela, nous espérons que ces compte-rendus contiennent l'essentiel du VII^e Symposium de l'ISTRC et qu'ils demeureront une référence documentaire durable pour tous les scientifiques et agronomes dans le domaine des cultures de tubercule de l'aire tropicale.

LE VII^e Symposium de la Société Internationale pour les Plantes à Tubercule (International Society for Tropical Root Crops) a été organisé avec le Conseil suivant :

Président : Sidki SADIK
Vice-Président (Ressources Financières) : T.P. PHILLIPS
Vice-Président (Région) : T.U. FERGUSON
Vice-Président (Symposium) : L.M. DEGRAS
Secrétaire : K. CAESAR
Membres : R. DE LA PENA
 F.D. GHANI
 B. TOURE
 S. CHANDRA
 P.S.O. OKOLI
 C. LOZANO

La Société Internationale pour les Plantes à Tubercule (ISTRC) a bénéficié de subventions des institutions suivantes pour son VII^e Symposium :

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA)
MINISTERE DE LA COOPERATION
AGENCE DE COOPERATION CULTURELLE ET TECHNIQUE
CONSEIL GENERAL DE LA GUADELOUPE
CONSEIL REGIONAL DE LA GUADELOUPE
CAISSE REGIONALE MUTUELLE DE CREDIT AGRICOLE DE LA GUADELOUPE.

Table des matières

Allocution de bienvenue de C.M. MESSIAEN	9
Presidential address Sidki SADIK	13
A la mémoire de D.G. COURSEY	
L. DEGRAS	19
Conférence inaugurale :	
Tropical root crops : foods for a hungry world	
S. CHANDRA	23

I. Aracées

Agronomie

✓ Giant swamp taro (<i>Cyrtosperma chamissonis</i>) in Kiribati	
S. CHANDRA	47
Aroid improvement in the Eastern Caribbean : an update of the Aroid /arrowroot project	
H. ADAMS, PATTANJALIDIAL, G. BROWN, B. COOPER and A. CLARKE	53
✓ Using leaf dry biomass to improve taro (<i>Colocasia esculenta</i>) production system	
S.F. SHIH, S.K. O'HAIR and G.H. SNYDER	69

Botanique

Le point sur le genre <i>Xanthosoma</i> (Macabo) : systématique, botanique et ethnobotanique	
S. NZIETCHUENG	85

Sélection

Breeding <i>Alocasia macrorrhiza</i> (L.) Schott in Western Samoa	
J.E. WILSON, A. de GROOT and Annetie G. HERMANS	105

Malherbologie - Protection des plantes

Quelques caractéristiques physiologiques de <i>Pythium myriotylum</i> , agent pathogène de la pourriture racinaire du macabo (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) au Cameroun	
S. NZIETCHUENG	117
Les orientations de la lutte contre le dépérissement du Malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) dans les Antilles	
A. HOUNTONDJI et C.M. MESSIAEN	133

Après-récolte

Effects of metalaxyl and benomyl on post-harvest decay of corms of Dasheen <i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	
H. ADAMS, PATTANJALIDIAL and A. CLARKE	143

Propagation et culture de tissus

Use of isoenzymes for the determination of genetic variability from tissue culture and between cultivars of taro, <i>Colocasia esculenta</i> R. WARNE and M.S. STRAUSS	151
Virus-free plants obtained by thermotherapy and meristem culture of white (<i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L.) Schott) and purple (<i>X. violaceum</i> Schott) cocoyams S. SALAZAR S., R. FERNANDEZ Z. and R.L. JARRET	161

II. Igname

Agronomie

Bilan de cinq années de production, en grande culture et sur la variété Florido (<i>D. alata</i>) dans la région centre de la Côte d'Ivoire R. DUMONT et P. JEANTEUR	179
The performance of maize/yam intercrop grown with reduced labour input, using herbicidal weed control and no stakes I.C. ONWUEME	195
Croissance et développement de 3 variétés d'ignames appartenant aux espèces <i>Dioscorea cayenensis</i> , <i>D. rotundata</i> et <i>D. alata</i> en Côte d'Ivoire R. VANDEVENNE et D. CASTANIE	201

Botanique

Comparaison entre différents modes de croissance des ignames du Gabon (région de Makokou) C. DUCATILLION	221
Les stratégies de multiplication chez les ignames sauvages ouest-africaines R. DUMONT	225
Some data on the genetic organisation of the <i>Dioscorea cayenensis-rotundata</i> complex in Ivory Coast P. HAMON, S. HAMON and B. TOURE	237

Sélection

Varietal yield comparison and ecological adaptability studies of three cultivars of <i>Dioscorea esculenta</i> (Lour.) Bur. (171, 272 and 372) in Cameroon (1980-1982) J.T. AMBE and S.N. LYONGA	251
Accroissement de la variabilité de <i>D. cayenensis-rotundata</i> dans la région caraïbe L. DEGRAS	257

Malherbologie - Protection des plantes

Studies on the critical periods of weed competition in yams (<i>Dioscorea rotundata</i> Poir and <i>Dioscorea alata</i>) A.J. BEALE, G. CALDERON, J. CORTES and C.E. ROJAS	269
Field diseases of tropical yams (<i>Dioscorea</i> spp.) and their control in Puerto-Rico Julia MIGNUCCI, R. TORRES-LOPEZ, P.R. HEPPELY and D. RAMOS-BUSIGO	285
Cinq années de lutte chimique contre l'antracnose de l'igname aux Antilles françaises L. PALCY, J. GROLLEAU-MORLET et B. JOSEPH-THEODORE	297
Sensibilité comparée de 18 variétés d'ignames aux insectes des stocks B. SAUPHANOR	305
La maladie des taches brunes du tubercule d'igname en Côte d'Ivoire J.C. THOUVENEL, D. FARGETTE et C. FAUQUET	321

Après récolte

Répartition et évolution de l'activité phosphatasique acide dans quelques tubercules d'igname de Côte d'Ivoire A. KAMENAN	327

Propagation et culture de tissus

Réactions différentes de l'igname (<i>Dioscorea</i> L.) au bouturage in vitro, selon le cultivar R. ARNOLIN	341
Effects of ammonium sulphate and urea on the sprouting of white yam (<i>Dioscorea rotundata</i> Poir).	
C.E.G. AMEYAW, M.N., ALVAREZ, E.V. DOKU and S.K. HAHN	353
Callogenèse et néoformation chez deux espèces de <i>Dioscorea</i> comestibles : <i>D. alata</i> et <i>D. trifida</i>	
A. FAUTRET, P. DUBLIN et P. CHAGVARDIEFF	365
Field behaviour of yam (<i>Dioscorea alata</i> L.) from in vitro culture, in staggered plantings	
A. LACOMTE and C. ZINSOU	387
Principaux résultats dans la multiplication végétative de l'igname (<i>Dioscorea</i> spp.) : conséquences pour la production aux Antilles	
P. MATHURIN et L. DEGRAS	399
Effect of delayed planting and chemical treatment on the performance of yams grown from minisetts	
A.O. NWANKITI and L.S.O. ENE	411
A review of seed yam production by the miniset technique	
O.O. OKOLI, L.S.O. ENE and M.C. IGBOKWE	425
Thermotherapy, shoot tip culture, axillary bud proliferation and plant regeneration in yam (<i>D. trifida</i> L.)	
S.S. SALAZAR and R. FERNANDEZ	439
Développement in vitro des apex isolés à partir de deux espèces d'igname : <i>Dioscorea alata</i> et <i>Dioscorea trifida</i>	
V. SALEIL et R. JONARD	447

III. Manioc

Agronomie

The physiological response of Cassava to stress	
J.H. COCK and M.A. EL-SHARKAWY	451
Effects of different Cassava cropping patterns on soil fertility, crop yields and farm income	
D.E. LEIHNER and J.M. LOPEZ	463
Le manioc en culture associée sur terres de barre au Togo	
J. MARQUETTE et D. POUZET	475
Le manioc dans la rotation culturale sur terre de barre au Togo	
J. MARQUETTE et D. POUZET	483
Integrated cassava production, processing and marketing projects	
R.A. MORENO, R. BEST and W. JANSSEN	495
Réflexions sur une expérience d'amélioration de la culture du manioc en Côte d'Ivoire	
D. POUZET	505

Sélection

Breeding Cassava for adaptation to a new ecosystem : a case study from the Colombian Llanos	
C. HERSHEY, Y. KAWANO and J.C. LOZANO	525

Qualité alimentaire et composition chimique

Gel consistency, viscosity and amylose content of Cassava flour	
A.M. ALMAZAN	541

Malherbologie - Protection des plantes

Cyrtomenus bergi Froeschner, a new pest of Cassava : biology, ecology and control

A.C. BELLOTTI, O.H. VARGAS, B. ARIAS, O. CASTANO and C. GARCIA 551

Etude des relations plante-insecte pour la mise au point de méthode de régulation des populations de la cochenille du manioc

G. FABRES et B. LE RU 563

Biocontrol of Cassava (*Manihot esculenta*) root rots by fluorescent *Pseudomonas*

J.M. HERNANDEZ, R. LABERRY and J.C. LOZANO 579

Cassava mealybug (*Phenacoccus manihoti*) and green spider mites (*Mononychellus* spp.) biological control : an example of classical biological control for Africa

H.R. HERREN, P. NEUENSCHWANDER, W.O.N. HAMMOND, J.S. YANINEK, T. HAUG and F. SCHULTHESS 593

The use of the enzyme-linked immunosorbent assay and immunosorbent electron microscopy for the detection and characterization of cassava common mosaic virus

B. PINEDA, A.C. VELASCO and B.L. NOLT 599

Use of a microwave treatment to eradicate seed-borne pathogens found in Cassava botanical seed

J.C. LOZANO, R. LABERRY and A. BERMUDEZ 603

Investigations of cassava mites of *Tanajoa* complex and their natural enemies in the neotropics

M. YASEEN 615

Après-récolte

The development of a ruraly based Cassava flour industry in Colombia

R. BEST, W. JANSSEN, A. CIVETTA, J. CABRERA, C. PIEDRAHITA, A. FERNANDEZ and A.L. GOMEZ 625

Nutritional aspects of Cassava storage and processing

R.D. COOKE, J.E. RICKARD and A.K. THOMPSON 635

Effects of the introduction of storage technology on the urban fresh cassava market of Colombia

C.C. WHEATLEY and W.G. JANSSEN 649

The effectiveness of storage of cassava roots in moist media

Lynda D. WICKHAM 667

Propagation et culture de tissus

Comportement du manioc en début de cycle en fonction de la durée de stockage de la bouture

J.P. RAFFAILLAC et G. NEDELEC 675

IV. Patate

Agronomie

Use of the unstable isotope ^{11}C for the study of carbon fixation transport and allocation in root and tuber crop

S.J. KAYS, J.D. GOESCHL, C.E. MAGNUSON and Y. FARES 689

Fertilizer N independent and dependent sweet potato cultivars

W.A. HILL, D.G. MORTLEY and S.M. CROSSMAN 703

Travaux d'expérimentation conduits sur la patate douce en Polynésie française

J.L. REBOUL 715

Sélection

Achieving yield stability in sweet potato by selecting for translocation potential in adverse environments M.J.J. JANSSENS	729
Characterisation, classification and preliminary evaluation of sweet potato accessions in St-Lucia M.M. RAO and C. GEORGES	739
Genetic and physiological basis for breeding and improving the sweet potato F.W. MARTIN	749

Qualité alimentaire et composition chimique

Starch-sugar transformation on sweet and staple-type sweet potatoes F.W. MARTIN	763

Malherbiologie - Protection des plantes

Les viroses de la patate douce (<i>Ipomea batatas</i>) en Côte d'Ivoire J.C. THOUVENEL, C. FAUQUET et D. FARGETTE	775

Propagation et culture de tissus

<i>In vitro</i> growth and regeneration characteristics of diverse populations of sweet potato (<i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam) K.M. TEMPLETON-SOMERS and W.W. COLLINS	781

V. Pomme de terre

Agronomie

An approach towards potato utilization for third world countries R.H. BOOTH and P. KEANE	797
Yield response and mineral content of potatoes under saline conditions Frigga WIRTH	807
Production de pommes de terre aux îles australes : recherche et analyse des composantes explicatives du rendement en milieu paysan E. PENOT, J.L. REBOUL et J. TAIMANA	815
Causes d'échec de la production de pomme de terre en conditions de plaine tropicale C.M. MESSIAEN, D. DEMBELE et A. BEYRIES	833
Intercropping potato (<i>Solanum</i> spp.) with maize in warm climates D.J. MIDMORE	837

Sélection

Determination of optimum plot size and adequate number of replications to evaluate potato seedling populations H.A. MENDOZA and R.L. VALLEJO	853

VI. Autres tubercules

Agronomie

Pourquoi la Christophine (<i>Sechium edule</i> Swartz) ne tubérise pas aux Antilles C. ZINSOU, C. MESTRES, G. VANSUYT et F. PERRON	859
Effets des phytohormones sur la croissance et le développement du dolique tubéreux (<i>Pachyrhizus erosus</i>) en conditions de jours courts C. ZINSOU, A. VENTHOU-DUMAINE et G. VANSUYT	875

VII. Général

Agronomie

Greffes interspécifiques et production de tubercules	
C. DUCATILLON	893
Farming systems research at the National root crops Research Institute, Umudike and its impact on the rural community	
L.S.O. ENE and RAY P.A. UNAMMA	895
Sur quelques aspects physiologiques et biochimiques de la tubérisation	
C. MARTIN, M. PAYNOT et J. MARTIN-TANGUY	911

Qualité alimentaire et composition chimique

Mineral absorption from Cameroonian diets	
A. BELL and B. LONNERDAL	921

WELCOME ADDRESS OF C.M. MESSIAEN

On behalf of the President of the Centre INRA AG

I am entrusted to welcome you in Guadeloupe in the name of "INRA", the French National Agronomic Research Institute, a ramification of which was created here more than 30 years ago.

A complete "Agronomic Research Centre" was established in 1964.

Cohabiting in French West Indies with other French overyears institutes, or technical centers, interested in Sugarcane, Banana or Pineapple development and problems, our Institute, which in France covers the whole field of Agriculture and Agroindustry, became specialized here, besides general studies on soil, climated and plant diseases and pests, towards a food autosufficiency orientation : forage crops, cattle breeding, vegetable plants, pulses, and, of course, Tropical tubers, on which the research team directed L. DEGRAS has worked for 20 years.

Now, everybody may ask a critical question :
is it wise to place an important research effort and, in the same way to hold such an important international congress in so small a country ?

The answer rests not only on the presence of hotel commodities, beaches and fine weather.

The correct answer may be given by the country itself, and the behaviour of its people.

Guadeloupe is an exceptional tool for agronomic research. It links by an isthmus two islands belonging to the two kinds which can be found among lesser Antilles :

a low, limestone island similar to Barbados or Antigua, and a younger volcanic one looking like Saint-Lucia or Saint-Vincent.

At short distances from one place to another can be found annual rainfalls from 35 to 200 inches, and very different types of soils : juvenile volcanic ones, typical oxisols, and black clayish neutral vertisols, with predominance either of calcium or magnesium.

More recently human industry has completed this nature's gift by the installation of a big pipe which brings water from the volcanic island to the other one, for irrigation.

We can hope for 1990 that 15% of the arable land in the country will be under irrigation : an impressive prospective, which doubtlessly will ask the research institutes a number of problems...

Guadeloupean small farmers are not less interesting than their island. From a mixture of precolombian, african and european traditions, they have elaborated by themselves, at the margin of sugarcane or coffee estates, during last centuries, an original food producing agriculture, diversified following the microclimatic conditions.

Shifting agriculture, with burning of the secondary forest, the trunks of young trees being left as yam poles can be observed in the karstic hills of the "grands fonds" in Grande-Terre. A regular pattern of associated yams, tannias and dasheens is the base of the food producing gardens in Basse-Terre, with the addition of short-cycle crops (beans cowpeas, squashes, cucumbers) during the young stage of these tuber crops, and often of sweet potatoes at the end of the cycle.

In fresh water mangroves, pure stands of dasheen plants can be observed between *Pterocarpus* trees.

During the 70ies someones have feared the disappearance of these tropical tuber-based food producing systems, under the weight of economic factors : easy importation of low cost foods such as rice, noodles or white potatoes, ageing and non-replacement of tuber-producing farmers.

These last years, however, probably under the impact of the economic crisis, (and with the help of immigrated haitian han power), we can see, inscribed in the landscape of limestone and volcanic hills, and between the mangrove trees, a revival of these gardens based on long-cycle tropical roots and tubers. This kind of agriculture has therefore made the proof, not only that it will not die, but also that it is able of evolution : an evolution often spontaneous, using fertilizers and weed killers derived from the sugarcane and banana industries, tractors for making ridges,

but also able to utilize faster than supposed new yam clones introduced by INRA, or to suppress poles for *alata* yams in the same way as in INRA farms.

It appears also that these farmers are not alone in their determination to go on growing tropical tubers and increasing their production. Their efforts would be meaningless if they were not supported by the major part of the population of the country, even those who have no more familial garden, or possibilities of exchange with neighbors.

They want to buy in the markets, and to cook at home yam, tannia, dasheen, sweet potato or topi-tamboo tubers, at prices varying between 0.3 and 0.8 U.S. dollars for a pound, even when white potatoes arrive from France at 0.1 to 0.3 US dollars.

I hope you have been convinced by this demonstration : even a small country like Guadeloupe can be considered as a good place for agronomic research, and especially for work concerning tropical root and tuber crops.

Next thursday you will have the occasion to visit this country, some of its tuber-producing farmers, and the Agronomic Research Centre.

Unfortunately, after a month of May 1985 with some rains, but perhaps not the total amount of water necessary for the initial growth or installation of tropical root and tuber gardens, we have had no rains at all during June 1985. Therefore the tuber-producing garden or the INRA experimental plots you will see will not be as luxuriant as they use to be during this period of the year.

We hope, however that the long-expected rain will not fall exactly next thursday...!

Presidential Address

ISTRC : NECESSARY STEPS FOR ITS ACTIVATION

SIDKI SADIK

International Potato Center

P.O. Box 2416

Cairo, Egypt.

On behalf of all members of the International Society for Tropical Root Crops, I would like to thank the authorities of Guadeloupe and the Republic of France for hosting this symposium and for their financial support and hospitality. Special thanks are due to Dr. L. Degras and his organizing committees for their dedication, hard work and superb arrangements.

Mr. Chairman : Scientists from many parts of the world are gathered here today to report and discuss their research findings on tropical root and tuber crops which are vital staple foods for about a third of the world population located in the less developed countries of the tropics and subtropics where poverty, malnutrition and hunger are frequently encountered.

We are also gathered here today to pay tribute to the memory of D.G. (Pat) Coursey who passed away on Dec. 31, 1983. Pat Coursey was one of the leading authorities on tropical root crops, a founding father and a staunch supporter of the ISTRC. All of us are indebted to Pat Coursey's contributions for which he will be long remembered. In recognition of his contributions, the Council of the ISTRC is dedicating this Symposium to his memory and has unanimously approved the establishment of a "Pat Coursey Prize" to be awarded for the best contribution on yams, a crop that he dedicated most of his scientific life to its improvement.

Mr. Chairman and Colleagues :

In his presidential address to the last symposium held in Peru, Dr. Donald Plucknett talked about "Tropical Root Crop in the Eighties" and the role of the ISTRC in the improvement of tropical root crops. My address today will be devoted to important business issues related to the Society's present and future. These important issues may have a long time effect on the future of the Society.

It is true that our Society has made many significant achievements since its formal inception in 1970. It formed cohesiveness and strong links between scientists from distant parts of the world. It organized seven symposia and published their proceedings. It published a newsletter. It organized regional sections, meetings and workshops. It esta-

blished working groups on important topics and finally it increased interest in root crop research and production to an international level.

While the contributions of the Society, and those who made them, deserve every credit, yet we must admit that the Society can and should achieve much more to its members, farmers and the scientific community in general. I feel that the Society because of past and present problems must face the future with a strengthened organization and commitment capable of satisfying its purpose.

The ISTRC is an important Society especially for members from developing tropical and subtropical countries. The Society is perhaps the only organization that links between scientists from developed and less developed countries where strong societies do not exist. Therefore it must survive its present problems and that can be achieved only by recognizing squarely our problems and by finding practical but effective solutions that will strengthen and vitalize the Society.

What are our problems ?

The constitution of the Society

During the Council meeting in Peru, a Council member raised the question regarding whether the Council was making decisions in line with the Constitution of the Society. The embarrassing answer was : we do not know, because we do not have a copy of the Constitution to guide the meeting. For your information, I would like to state that it took me almost six months, after I assumed the presidency, to obtain a copy of the Constitution from an old friend in Egypt. Upon reading the Constitution, I found it out-dated, unworkable and nonspecific. Furthermore, I found that some of the decisions that were taken previously by Councils and the General Meetings were unconstitutional although they were correct. I can add more adjectives to describe the present Constitution and I trust that anyone of us who takes time to read it will arrive to similar conclusions. With the help of the present Council and other long standing and respected members of the Society such as Drs. Hahn, Terry and Cock I submitted a new constitution for the Society that hopefully will meet your approval. The new proposed constitution was written taking in consideration new developments in the Society that had taken place in recent years ; it restructures the Council and defines the responsibilities of each member ; it introduces new articles to avoid many constitutional loopholes ; it describes precisely how elections should be conducted and it reduces the number of Council members that will be elected by shifting that responsibility to regional sections or geographic entities. Many new articles were also introduced in the new proposed Constitution which were missing in the present Constitution. I urge all of you to read it and compare it with the present one. The new proposed Constitution was not prepared for the sake of change, to the contrary, it was changed because there was urgent need for it. It took almost a year of hard work to prepare it before it was submitted and approved unanimously by the Council. I feel the change was necessary and by adopting it without lengthy parliamentary debates you are helping toward vitalizing the Society.

Newsletter

The Newsletter of the Society has served a very important role and purpose. For many years it has been the only link of communication between members of the Society between Symposia. Thanks to Dr. F.W. Martin of the Mayaguez Institute of Tropical Agriculture in Puerto Rico and to Dr. Ramon S. de la Pena of the University of Hawaii for their hard work and dedication in collating information, editing, printing and distributing the Newsletter free to members and non-members alike. Drs. Martin and de la Pena produced the Newsletter under difficult circumstances because our members did not contribute enough printing materials for the Newsletter. Many of our members justify their reluctance to publish in the Newsletter by the fact that the Newsletter is not a recognized publication. Perhaps they are right, and if so we must find an answer to their concern and reluctance.

Symposia Proceedings

We all recognize the perennial problem of being behind in printing and distributing the proceedings of symposia. Based on my experience with the publication of the proceedings of the 6th Symposium, I feel that many of us should be blamed for the delay. Many authors present poorly written and lengthy papers that require considerable editing. They do not follow instructions from the organizers of symposia regarding style, length and format. To make things worse they do not respond promptly to comments and queries from editors. No wonder we experience delays in publishing our proceedings. Another problem associated with the proceedings is finding an organization that has the technical and financial capabilities to edit, print and distribute the proceedings. This problem should not be under estimated. The cost of publishing and mailing the proceedings of the 6th Symposium is estimated at \$ 10/copy. Will the ISTRC be able to find organizations that can handle the preparation of future proceedings? This is something to think about especially when we look for future hosts of Symposia.

Another question that we should think about is do we need the proceedings in their present form or can we present our research findings through other methods ?

Financial Constraints

A society such as ISTRC can not operate effectively without dependable sources of funds. Up till now the ISTRC has managed to survive on a very limited budget financed by annual subscriptions in addition to donations from international organizations and governments. I would like to take this opportunity to express our gratitude to IFS of Sweden, CTZ of W. Germany and some of the IARC's for their financial support. Although we are grateful for their contributions,

yet we must recognize that their contributions are hardly enough to support the objectives of the ISTRC. Our Secretary/Treasurer will report on the financial situation of the Society during the business meeting. Two words can describe it : very bad. Dr. Caesar will tell you that at the beginning of 1985 he had only several thousand dollars in the ISTRC's account. From this he is supposed to support travel grants, secretarial help, aid to regional sections, stationary, mailing, printing of proceedings... etc. Unfortunately, all of the ISTRC budget is hardly

enough to support the travel of two scientists to symposia.

I am very concerned about the ISTRC financial limitations for two main reasons :

- 1) The ISTRC has not been able to provide travel grants for scientists to attend Symposia. Scientists from developing countries can not easily obtain travel funds from their own governments and hence they are deprived from participating in symposia.
- 2) The ISTRC has not been able to provide meaningful financial assistance to regional branches.

The question then is how to extricate ourselves from this mud hole. I think that should be seriously considered by the next Council. Nevertheless, I will present some suggestions and solutions to this problem as well as the others mentioned before.

The above are four major problems that our Society should study urgently and carefully to find solutions. There are many other minor problems than can be handled simply by better organization and by the help of the new proposed constitution.

Proposed Solutions

A new journal :

This question has been discussed repeatedly in general meetings of the Society and a decision was never made.

I would like to suggest for your consideration the possibility of publishing a quarterly journal for the Society. Such a journal can substitute for the Newsletter especially if we devote a section to announcements, news and reviews (e.g. see HortScience format). The journal can also be a substitute for the proceedings of symposia. In addition, the journal can create possible small income to the Society and can improve the image of credibility of the Society in the eyes of potential donors. I must hasten to mention that the creation of a journal for the Society will require additional funds most of which must come from increased annual dues. Members must be given a choice however. Some may prefer to continue their membership at a reduced rate without subscribing to a journal.

For some time I have been in contact with the Indian Society for Root Crops regarding the possibility of an affiliation of their Society with ISTRC and using their journal of Root Crops as a joint publication. I have also been in touch with Cambridge University Press in England about the possibility of publishing a quarterly journal for the Society. Their response has been favorable.

Proceedings of Symposia

In case the General Meeting decides to continue the publication of the proceedings, we should try to overcome our chronic problem of its publication in several ways :

1. Contract with a permanent publishing house to edit, print and distribute the proceedings. Because of the commercial nature of publishing houses, their editorial policies and requirements are very stringent and with ruthlessly eliminate many I think that the ISTRC may lose its flexibility and some independence through this method.
2. Contract on a continuous basis with one of the international centers dealing with root and tuber crops or universities... etc. to publish the proceeding.
3. Eliminate the proceedings and instead print a book of abstract of all papers presented at symposia as practiced by many leading societies. Papers presented at Symposia can be published in the Society's journal if they meet journal's standards.

By simple analysis, the last solution is the most logical and practical.

Finance

In order for the ISTRC to meet most of its objectives such as journal publications, travel of 10-15 scientists from developing countries to symposia and other meetings, financial assistance to regional sections and other miscellaneous expenses, the ISTRC would require a 3-year budget of \$ 75,000. How do we raise funds ?

There are three international agricultural centers that are involved in tropical root and tuber crops research and at least five potential donor organizations to the ISTRC. They are : IITA, CIAT, CIP, GTZ, IDRC, FF, RF and IFS. I believe we can raise from these organizations at least \$ 60,000. If we increase membership dues to \$ 30 per three years then its possible to raise \$ 15,000 on the basis of 500 memberships. I have already established contact with the directors of IARC's and their response has been favorable but non-committal.

Society Council

The Society is in desperate need for a strong and active Council to solve its problems during the next three years. The Council must be composed of dedicated, interested people of recognized leadership who are willing to accept and perform their duties faithfully. In the past, the burden of the Society was unfairly loaded on few Council members. It is needless to say that the Society can not be run through the good will of few Council members.

I urge all members to keep these points in mind and to put the interest of the Society above every thing else when they elect the new Council.

Regional Branches

The success of the African Branch of the ISTRC proved the importance of creating more regional branches for the Society. It also proved that the mother Society was helpless in supporting its branch. The ISTRC needs to create more regional branches, yet the ISTRC must

be able to provide moral and financial support to new branches.

Mr. Chairman and Colleagues

After being a president of the Society for two and a half years, I am more convinced of its importance and the significant role it can and must play. I feel that the Society is now at a crossroads. It can succeed or it can fail. Fail it must not but succeed it must. The outcome is up to all members of the Society for the Society will be what we make of it.

And now it gives me a great pleasure to declare this Symposium officially opened. I wish all of you productive discussions.

A LA MEMOIRE DE D.G. COURSEY

L. DEGRAS

Vice Président de la Société Internationale pour
les Plantes à Tubercules Tropicales, ISTRC

Directeur de Recherches INRA

Station d'Amélioration des Plantes
B.P. 1232, 97184 POINTE-A-PITRE CEDEX

Je parlerai de notre ami, Pat COURSEY, tel que je l'ai connu tel qu'il s'est parfois montré au cours de nos entretiens et aussi tel que ces travaux le laissent à la postérité.

L'affabilité, la distinction et, sous la réserve initiale, la générosité marquèrent d'emblée pour moi la personnalité de héros de Jules VERNE que me sembla être celle de D.G. COURSEY. C'était en 1967, à Trinidad, au Symposium d'où devait émerger l'idée de notre Société. Je l'imaginai autant doté de la sérénité des bons géants que capable des fureurs des dieux de toutes les mythologies. Mais il est juste de dire que ces fureurs je ne les lui ai jamais connues, s'il m'est arrivé de le voir vibrer d'indignation pour des causes justes. Car je l'ai vu profondément passionné par le bien, sa science appuyée sur sa conscience.

A ces impressions du temps où Trinidad inventait véritablement avec des jeunes chercheurs enthousiastes comme HAYNES, RANKINE, FERGUSON, WILSON, SPENCE, un champ nouveau à la coopération internationale, ont succédé depuis, dans ma mémoire, celles des fleurs d'orchidées et de frangipanier dont aux îles Hawaii, en 1970, les hôtes entouraient sa vaste encolure sur le bateau qui nous emmenait pour la soirée du banquet de clôture du second Symposium.

Ce fût en 1976, à Cali, en Colombie, que je vins à ses côtés soutenir au sein du Conseil une certaine conception de notre société. Et alors je l'appréciai encore davantage. Par exemple, dans sa recherche du plus large consensus, de la collégialité, à travers la discussion des statuts encore balbutiants de la Société, sans se départir de la plus grande rigueur intellectuelle.

Le lieu de rencontre suivant fut Buea, au Cameroun, en 1978, au premier séminaire sur les Ignames alimentaires. C'est là que je réalisai la dimension africaine de D.G.

COURSEY, non pas tant à la déférence que lui marquaient à l'évidence les chercheurs de ce continent, qu'à la façon qu'il avait d'y aborder les problèmes et aussi de marcher sur cette terre, visiblement porté par une profonde communion avec les êtres, les choses, l'air de cette partie du monde. Je connus par ces signes qu'il avait dû y naître à une nouvelle connaissance de lui même et du monde. Nous n'étions pas au Nigéria, mais autour de lui flottait sa dignité "d'Eze-jé", de Maître des ignames, telle que ses amis Ibos la lui avaient, bien avant, conférée.

C'est aussi à Buea, nous promenant, la nuit tombée, dans les brumes olympiennes descendues du Mont Cameroun, que je l'entend pour la première fois entreprendre de me convaincre d'organiser à la Guadeloupe un Symposium de notre Société. Je le perceois comme un oracle ; je sais qu'il sait notre commune confiance dans la capacité des Ignames à répondre à bien des espérances des hommes des tropiques.

Le second séminaire international sur les Ignames alimentaires tenu en 1980 à la Guadeloupe sous la présidence de D.G. COURSEY, aura scellé notre amitié. Son autorité, la richesse et le niveau de son information scientifique, autant que son désir de faire partager son respect des hommes des champs, et surtout des champs les plus petits, confirment la reconquête intellectuelle et sociale d'une base du patrimoine technique et culturel antillais à travers les travaux de notre équipe sur l'igname. Mais déjà Pat COURSEY, atteint par la maladie, nous fait part de ses angoisses pour l'avenir.

Un jour d'automne 1981 à Londres, le voici qui vient à ma rencontre dans un aéroport et sa démarche s'est alourdie, son air parfois lointain. Il m'ouvre les portes du Tropical Product Institute pour la documentation de mon ouvrage sur l'igname. Mais surtout, dans sa maison où il m'héberge, nous resterons souvent, sa famille endormie, à parler de l'igname et de l'Afrique. Je me souviendrai toujours de cette nuit où, convaincu de sa prochaine disparition, il m'appelle à poursuivre son oeuvre. Il n'aura pas la force de rééditer sa monographie. Avec une exaltation pathétique, il me dit sa foi dans la réalité mythique de l'igname, mère de la Terre, telle que son initiation Ibo la lui a apportée. Il m'assure qu'un jour, moi aussi, j'y puiserai les forces du bien. Ivresse prémonitoire de son retour à la terre ou parabole pour instruire le disciple qu'il voyait en moi ? Je ne le sais.

Lorsque pour la dernière fois nous nous sommes vus, c'était à Lima, au Pérou, en février 1983. Témoin de sa vivacité intellectuelle, en dépit des paroles pessimistes qui lui échappaient parfois et de son évidente fatigue, je réussissais à écarter le souvenir de la prédiction de sa fin prochaine et j'espérais le voir revenir à la Guadeloupe dont il avait été le chaleureux promoteur pour la tenue de ce Symposium. Au cours de cette année 1983 nous avons encore correspondu dans le cadre d'une publication à laquelle il avait voulu m'associer, ainsi que Jill WILSON, sur la propagation

des Ignames, et lorsque m'arriva dans les premiers jours de 1984 la nouvelle de son décès le 31 décembre 1983, malgré tous ses avertissements, je demurai longtemps glacé par un sentiment de brusque solitude.

Aujourd'hui que sa chair a rejoint la terre, il nous demeure une oeuvre scientifique où puiser toujours et, surtout, à travers elle et le souvenir de sa contribution à notre Société, il nous demeure un certain regard sur la réalité tropicale.

Avant de rappeler les mérites de sa publication majeure "Yams" il convient de souligner la portée de ses travaux entrepris dès 1961 sur l'évolution et la détérioration des tubercules d'igname après récolte. Dans ce domaine de recherche, toujours ouvert, se joue, on le sait, une fraction de production potentielle bien plus large que celle de tous les progrès de productivité actuellement à notre portée.

Mais c'est évidemment sa monographie sur l'igname, publiée l'année de la réunion de Trinidad évoquée au début, qui a marqué la recherche tropicale.

Dans un Traité de botanique qui eut son temps de gloire dans la formation de mes maîtres, et dont le nom de l'auteur L. COURCHET (1897) est singulièrement proche de celui que nous honorons, on peut lire ceci sous la famille des Dioscoréacées : "Nous nous contenterons de donner les caractères les plus essentiels de cette famille, dont l'intérêt pratique est de plus médiocres".

Certes, en France même, et à la même époque que L. COURCHET, QUEVA soutient sa thèse sur l'Anatomie des Dioscoréacées et des Taccacées (1894), mais jusqu'à nos jours il demeurera tout à fait vrai, pour une grande majorité de gens, d'agronomes et d'hommes de science, que les ignames sont de peu d'importance.

Le mérite essentiel de la monographie de COURSEY aura été d'ouvrir une brèche définitive dans cette méconnaissance. La clarté du style, l'équilibre et l'ampleur de la documentation, puisée largement dans cette littérature "souterraine" que constituent les innombrables rapports d'honnêtes agronomes de terrain, en font un outil de référence, toujours, dans l'approche biologique, agronomique et économique des ignames.

Avant d'insister sur la profonde signification de certains traits de cet ouvrage au regard de la personnalité de l'auteur, je tiens à souligner l'autre contribution fondamentale de D.G. COURSEY, l'élan donné à la recherche sur l'ensemble des cultures de tubercules tropicales à travers la Société Internationale pour les Plantes à Tubercules Tropicales et les Symposiums précédant celui d'aujourd'hui. Tout en reconnaissant la nécessité d'aides morales et matérielles parfois décisives des Instituts et des grandes sources financières des pays développés, D.G. COURSEY ne cessa jamais de

préserver l'indépendance de notre Société à l'égard de tout autre pouvoir que celui, démocratique, de ses membres. Si une telle politique peut n'avoir pas donné une véritable aisance financière à notre Société, au moins lui a-t-elle conféré le prestige de la neutralité idéologique, nécessaire à la science, et d'autant plus qu'elle se veut au service du Tiers Monde. Il faut certes associer à cette réussite le concours d'agronomes et d'hommes de sciences généreux qui, des Amériques, d'Europe, d'Asie, d'Afrique et d'Océanie tinrent à honneur d'entourer D.G. COURSEY de leur compétence et de leur fidélité à sa haute conception de la Société Internationale pour les Plantes à Tubercules Tropicales.

Une telle attitude de D.G. COURSEY découlait de son profond respect pour l'homme et encore plus précisément pour celui par qui le végétal devient plante au service du développement de valeurs autant nutritionnelles que culturelles. Qui ne se souvient, ici, de la description érudite et enthousiaste qu'il fit au Séminaire de 1980 des interactions entre l'igname et l'homme, (l'un et l'autre) s'élaborant réciproquement au cours des millénaires dans les régions tropicales humides ? Déjà, sa célèbre monographie consacrait des pages d'intérêt profond pour les significations sociales et historiques de la culture de l'igname. Peut-être, se laissant aller à une certaine psychanalyse de l'auteur à partir de sa thèse, née pourtant de données objectives, mais aussi d'intelligentes hypothèses, peut-être certains voudront reconnaître en COURSEY un homme de ces civilisations qu'il décrit, issues des pratiques de la culture des plantes à multiplication végétative, de la végéiculture, civilisations où les équilibres socioculturels et l'équilibre écologique sont mieux accordés que dans les civilisations, issues de la révolution néolithique, appuyées sur la culture des plantes à graine, la séminiculture. Je dirai plutôt que la démarche de D.G. COURSEY reflète parfaitement celle de l'insight des Anglais, dont le terme, rappelle Gilberto FREIRE, dans la préface de son célèbre ouvrage "Terres du Sucre", n'a pas d'équivalent exact dans d'autres langues. L'insight pourrait être un peu comprise comme l'imagination humaniste encadrée par la formation scientifique. Pat COURSEY a su installer son regard sur la réalité tropicale et ses bases végéiculturales dans un constant aller-retour de l'homme à la plante .

Voilà selon moi le message essentiel que nous laisse sa personne disparue et que prolonge pour longtemps encore son oeuvre scientifique. Puisse nous l'entendre et, de ce Symposium au delà de ceux qui le suivront, en confirmer la fertilité, et D.G. COURSEY, au delà de sa mort, sera toujours des nôtres.

TROPICAL ROOT CROPS : FOODS FOR A HUNGRY WORLD

Dr S. CHANDRA

Bureau of Agricultural Economics
P.O. Box 1563
Canberra City ACT 2601 Australia

ABSTRACT

Tropical root crops are important staple food for about a third of the world's population. In this paper the production and consumption of tropical root crops by major world regions and individual countries are analysed. Some of the world's leading producers and consumers of tropical root crops are China, Nigeria and Brazil. The annual global per capita consumption is about 70 kg. The nutritional content of tropical root crops is discussed next, followed by a review of some nutritional studies done in India, Zambia, Brazil and the South Pacific. In some countries tropical root crops supply up to 75 per cent of the kilojoules in the daily diet. Tropical root crops have high return to energy expenditure in their production. The various utilization methods of tropical root crops are then discussed. There is very little international trade in tropical root crops, the main products being cassava pellets and starch. Most of the trade is domestic nature, consisting of fresh tubers for urban markets. The contribution of tropical root crops in the agricultural economy of the main producing nations varies greatly. It ranges from about 25 per cent in a highly subsistence oriented economy like Papua New Guinea, 10 per cent in a semi-subsistence economy like Fiji and only 2 per cent in highly commercialized economy like Japan. The development potential of tropical root crops is very high because they can produce large amounts of food per unit of labour or time, they are well adapted to a wide range of environments and have a strong inter-dependence with man. It is argued that in this hungry world tropical root crops have a major role to play in meeting the food needs of rural and urban populations of the less developed countries. Rural development programs in many less developed countries would have greater chances of success if they were strongly integrated with tropical root crops development programs.

RESUME

Les plantes à tubercules tropicales : aliments pour un monde affamé

Les plantes à tubercule tropicales sont des aliments de base importants pour environ un tiers de la population mondiale. Dans cette communication, on analyse la production et la consommation de plantes à tubercule tropicales dans les principales régions de divers pays. Quelques uns des grands producteurs et consommateurs mondiaux sont la Chine, le Nigéria et le Brésil. La consommation annuelle globale par habitant est d'environ 75 kg. Ensuite on discute la teneur en substances nutritives des plantes à tubercule tropicales puis on présente une revue de quelques études nutritionnelles faites en Inde, en Zambie, au Brésil et dans le Pacifique Sud. Dans certains pays, les plantes à tubercule tropicales fournissent jusqu'à 75 pour cent de la ration calorique quotidienne. Les plantes racines tropicales rentabilisent bien l'énergie investie dans leur production.

Ensuite on discute les diverses méthodes d'utilisation de plantes à tubercule tropicales. Il y a peu de commerce international, les principaux produits étant les cossettes et l'amidon de manioc. La plus grande partie du commerce est de nature domestique et consiste en la fourniture de tubercules frais pour les marchés urbains. La contribution des plantes à tubercule tropicales dans l'économie agricole des grandes nations productrices varie considérablement. Elle est d'environ 25 pour cent dans une économie fortement orientée vers la subsistance comme celle de la Papouasie-Nouvelle Guinée, 10 pour cent dans une économie hautement commercialisée comme celle du Japon.

Le potentiel de développement des plantes tropicales est très élevé parce qu'elles peuvent produire de grandes quantités de nourriture par unité de main d'oeuvre et ont une forte symbiose avec l'homme. On démontre que dans ce monde affamé les plantes à tubercule tropicales ont un plus grand rôle à jouer dans la satisfaction des besoins alimentaires des populations rurales et urbaines des pays moins développés.

Les programmes de développement rural dans beaucoup de pays peu développés auraient de plus grandes chances s'ils étaient fortement intégrés aux programmes de développement des plantes à tubercule tropicales.

Finalement, on fait des conclusions générales et des recommandations pour la recherche et le développement des plantes à tubercule tropicales en agronomie, en système de production, ressources génétiques, amélioration génétique, maladie et parasites, stockage, utilisation et commercialisation.

INTRODUCTION

Tropical root crops (TRCs) are important staple foods for one-third of the world's population. Most of these people are located in the less developed countries (LDCs) of the tropics and sub-tropics where poverty, malnutrition and hunger are some of their day-to-day problems. Although the contribution of TRCs to the gross domestic product (GDP) of many LDCs may not be large, the hard core of world poverty definitely lie in areas where TRCs are important staple foods. That is, the lowest 40 per cent of the world's poor are located in areas where improvement in TRCs could make substantial contribution to peoples' welfare. The purpose of this paper is to show that TRCs have a high inherent potential for increasing food supply in many LDCs where these crops can be grown successfully.

THE CROPS

The main TRCs are cassava (*Manihot esculenta* Grantz), sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), potatoes (*Solanum tuberosum*), yams (*Dioscorea* spp. and taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) which belongs to the aroids family. Other less important aroids are tannia or new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*), giant taro (*Alocasia macrorrhiza*) giant swamp taro (*Cyrtosperma chamissonis*) and elephant yam (*Amorphophallus campanulatus*). Other minor TRCs are arrowroot (*Maranta arundinacea*), achira (*Canna edulis*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), lairen (*Calathea allouia*) and jicamas (*Pachyrrhizus* spp.), pia or Polynesian arrowroot (*Tacca leontopetaloides*).

PRODUCTION

Cassava, sweet potatoes, potatoes, yams and taro are important staple food crops in the world today. Table 1 shows the harvested area of these crops by major world regions. At the world level potatoes have the largest cultivated area of all root crops. Amongst the other four tropical root crops listed the most important in terms of cultivated area is cassava (55.4%), followed by sweet potatoes (30.3%), while yams (9.9%) and taro (4.4%) are far less important. The cultivated area of cassava has grown by a massive 130% in 20 years from 1965-84, representing a compound growth rate of 4.3% per annum. This represents a very rapid increase in the cultivated area of any major staple food in the world. For sweet potatoes the increase in cultivated area in the same period has been 40% or a compound growth rate of 1.7% per annum. Most of this increase in the cultivated area of cassava and sweet potatoes has occurred in Africa and Asia. For the same period the cultivated area of taro increased by 80% or a compound growth rate of 2.9% per annum. On the other hand between 1965-84 the cultivated area of yam increa-

sed by only 17%.

The production and yields of cassava, sweet potatoes, yams, taro and potatoes by major world regions are also shown in Table 1.

Potatoes have the highest production and yields in the world. Amongst the other four tropical root crops the most important in terms of production are cassava (46.4%) and sweet potatoes (42.3%), while yams (9.2%) and taro (2.1%) are less important. Most of the cassava is produced in Africa, Asia and S. America while sweet potatoes are heavily concentrated in Asia. Africa dominates the production of yams and taro. Potatoes are mostly produced in the temperate regions of the world and is heavily concentrated in Europe and USSR. Only 18% of the world production of potatoes is located in the tropics. However, potatoes are important staple food for some communities located in tropical highlands of North Central America, South America and Asia.

At the world level potatoes and sweet potatoes are the highest yielders followed by yams, cassava and taro. If yield per unit time is taken into account then the leaders would still be potatoes and sweet potatoes, followed by cassava, yams and taro. However, because of the vast differences in production technology, soil and climatic factors between countries and between regions within a country such worldwide comparisons of yield are not very useful.

The ranking of the world's top 10 producers of each crop are shown in Table 2. The table shows that there is a fairly wide dispersion in cassava production amongst the top five countries which are Brazil (16.4%), Thailand (15.4%) Zaire (11.4%), Indonesia (10.9%) and Nigeria (9.1%). The world production of sweet potatoes is heavily dominated by China which produces 83.4%. Nigeria dominates the production of yams producing 72.6%. Nigeria and China between them produce nearly 56% of the world's taro. If the production of cassava, sweet potatoes, yams and taro in each country are combined then the world's leading producers are China, Nigeria and Brazil.

CONSUMPTION

Tropical root crops are a major source of food in the world today. Table 2 also shows the annual per capita consumption (production divided by population) of tropical root crops in the top 10 producers. Some of the highest rates of per capita consumption (Kg) of cassava are Zaire (461), Thailand (395) and Tanzania (258) ; of sweet potatoes are Rwanda (161), China (93) and Uganda (51) ; of yams are Ivory

Table 1 : WORLD AREA (10³ ha), PRODUCTION (10³t) AND YIELD (t/ha) OF ROOT CROPS IN 1984

	CASSAVA			SWEET POTATOES			YAMS			TARO			POTATOES		
	10 ³ ha	10 ³ t	t/ha	10 ³ ha	10 ³ t	t/ha	10 ³ ha	10 ³ t	t/ha	10 ³ ha	10 ³ t	t/ha	10 ³ ha	10 ³ t	t/ha
Africa	7 482	51 002	6.8	841	5 136	6.1	2 395	24 426	10.2	926	3 392	3.7	660	5 830	8.8
North and Central America	165	922	5.6	217	1 446	6.7	49	317	6.4	2	20	9.6	746	20 353	27.3
South America	2 311	26 861	11.6	162	1 431	8.9	40	334	8.4	-	-	-	926	10 355	11.2
Asia	4 171	50 000	12.0	6 290	108 634	17.0	16	166	10.2	179	2 027	11.3	5 814	82 135	14.1
Oceania	22	235	10.7	116	559	4.8	18	246	13.7	46	319	6.9	48	1 130	23.4
Europe and USSR	-	-	-	13	131	10.4	-	-	-	-	-	-	12 109	192 406	16.4
World	14 151	129 020	9.1	7 739	117 337	15.2	2 518	25 489	10.1	1 153	5 758	5.0	20 303	312 209	15.4

Source : FAO Production Yearbooks

Table 2 : RANKING OF WORLD'S LEADING ROOT CROP PRODUCERS (% OF TOTAL) AND CONSUMERS (KG/CAPITA) IN 1984

CASSAVA			SWEET POTATOES			YAMS			TARO			POTATOES		
Country	% of total	kg/capita	Country	% of total	kg/capita	Country	% of total	kg/capita	Country	% of total	kg/capita	Country	% of total	kg/capita
Brazil	16.4	160	China	83.4	93	Nigeria	72.6	201	Nigeria	30.5	19	USSR	27.3	310
Thailand	15.4	395	Indonesia	1.7	13	Ivory Coast	9.2	248	China	25.4	1	China	17.6	52
Zaire	11.4	461	Vietnam	1.6	33	Ghana	3.4	67	Ghana	12.7	56	Poland	12.0	1 014
Indonesia	10.9	86	India	1.4	2	Benin	2.7	179	Japan	6.3	3	USA	5.3	69
Nigeria	9.1	128	Japan	1.2	11	Togo	1.8	159	Ivory Coast	5.4	33	India	3.9	16
India	4.4	8	Philippines	0.9	19	Cameroon	1.6	42	Papua New Guinea	3.2	51	Germany DR	2.6	480
Tanzania	4.3	258	Rwanda	0.8	161	Ethiopia	0.8	6	Philippines	2.6	3	Germany FR	2.4	126
China	3.2	4	Korea Rep.	0.8	22	Cent. Afr. Rep.	0.8	79	Burundi	1.7	22	UK	2.3	131
Mozambique	2.4	230	Uganda	0.7	51	Zaire	0.7	6	Egypt	1.7	6	Netherlands	2.1	463
Vietnam	2.2	50	Bangladesh	0.7	8	Brazil	0.7	1	Madagascar	1.6	10	Romania	2.1	287
Total	79.7	-	Total	93.2	-	Total	94.3	-	Total	91.7	-	Total	77.6	-
World	-	27	World	-	25	World	-	5	World	-	1	World	-	66

Source : FAO Production Yearbooks.

Coast (248), Nigeria (201) and Benin (179) ; and of taro are Ghana (56), PNG (51) and Ivory Coast (33). The per capita consumption of all four crops by the leading world producers are China (98), Nigeria (348) and Brazil (161). Nigeria has one of the highest per capita consumption rates of all crops in the world at 351 Kg, comprised of 201 Kg of yams, 128 Kg of cassava, 19 Kg of taro and 3 Kg of sweet potatoes.

At the global level the per capita consumption of cassava is 27 Kg, sweet potatoes 25 Kg, yams 5 Kg and taro 1 Kg. To this could be added the production and consumption of potatoes in the tropical world (18% of the total world production) which corresponds to about 12 Kg per year for the whole world population. Hence on a world basis the tropical root crops represent a consumption rate of 70 Kg per capita per year.

The tropical root crops compare very favourably with the production and consumption of other staple foods in the world, which are wheat, rice, maize, barley, sorghum and pulses. Wheat is by far the most important staple food in the world with a cultivated area of 232 million ha and producing 522 million tonnes in 1984 (FAO Production Yearbook, 1984). For the other crops the cultivated area and production in 1984 were for rice 148 million ha and 470 million tonnes, maize 130 million ha and 449 million tonnes, barley 79 million ha and 172 million tonnes, sorghum 49 million ha and 72 million tonnes and pulses 68 million ha and 48 million tonnes. In terms of world per capita consumption these amounted to 110 Kg for wheat, 99 Kg for rice, 94 Kg for maize, 36 Kg for barley, 15 Kg for sorghum and 10 Kg for pulses.

In the LDCs the growth in consumption of most of these cereal and pulse crops is increasing at a faster rate than the population growth. For wheat alone the consumption in the LDCs is increasing at about 6% per annum. Most of the growth in cereal consumption in the LDCs is for human food with a minor fraction for livestock feed, especially in the Asian countries.

Data on consumption of tropical root crops at household levels are rare. One study carried out by Chandra (1982) in one village in Sigatoka Valley, Fiji, reported that an average adult Fijian consumed 290 Kg of cassava, 110 Kg of sweet potatoes, 25 Kg of taro and 20 Kg of yams per year. In the same village studies by Langley (1953), Wilkins (1963) and Menon (1975) showed that the total amount of prepared carbohydrate derived from tropical root crops eaten daily increased from 1.03 Kg in 1953 to 1.58 Kg in 1963. Over the years the carbohydrate fraction contributed by cassava increased from 36% in 1953 to 59% in 1975. The increase in cassava consumption was matched by a concomitant decrease in the consumption of taro and yams which are the

traditional foods of the Fijians (Parkinson, 1984).

Other studies carried out in the Pacific are those of Venkatachalan (1962), Lambert (1975), Dye (1976) and Wilkins (1965). Venkatachalan and Lambert, working amongst the Chimbu people of Papua New Guinea, found that tropical root crops provided about 75% of the diet of the people. Dye, working in Makekula, Vanuatu, found that 60% of the food energy of the communities came from tropical root crops. In Western Samoa Wilkins found that the percentage of total energy derived from tropical root crops varied between 37-50% in households close to town and between 50-64% for remote rural households.

NUTRITION AND UTILIZATION

TRCs are renowned for high outputs of food energy or kJ per unit area of land. Although the food energy of TRCs ensures that the total energy output per unit area is about 2-3 times higher than that of grain crops.

Table 3 shows the nutritive values of various TRCs. The food energy of TRCs in kJ per Kg of edible portion vary from about 2,550 for giant taro to 5,650 for cassava. The crude protein content of TRCs are low compared to grain crops ranging in g per Kg of 6 for giant taro to 22 for taro and tannia. Nevertheless, the purpose of TRCs in diets of peoples where they are consumed as staple foods is to supply the food energy or carbohydrates, not the protein. The protein is often supplemented by grains, legumes and animal-based products in the diet. On the whole the TRCs have adequate amounts of minerals and vitamins. Taro and cassava leaves are particularly high in crude protein, carotene and vitamins (Chandra, 1984).

Case studies on the consumption and nutrition of TRCs in some of the major world regions where they are grown have been reported by Goering (1979). In a study carried out in Kerala, India, it was found that cassava supplied 30% of the kJ and 9% of the protein in per capita daily diet (UN, 1975). The total daily consumption was 10,545 kJ and 37.8 g of protein. The protein needs were supplemented by rice and fish. In another study in the northwest region of Zambia where the consumption of TRCs is unusually high it was found that TRCs supplied 32% of the 7,116 kJ per capita daily intake (FAO, 1974). This study notes the lack of enough kJ and to some extent protein in the diet. A study carried out in northeastern Brazil, reported by Goering (1979), showed that 30% of the kJ in the typical diet for all income groups resulted from TRCs. Although the general quality of the diet was adequate despite the high intake of TRCs, the poorest income class was not consu-

Table 3 : Nutritive values of Tropical Root Crops (per 100g edible portion)

CROP	Food Energy	Moisture	Protein	Total CHO and fibre	Calcium	Phosphorus	Iron	Potassium	Carotene equivalent	Thiamine	Riboflavin	Niacin	Ascorbic acid	Folic acid
	kJ	%	g	g	mg	mg	mg	mg	ug	mg	mg	mg	mg	ug
Cassava	565	65.5	1.0	32.4	26	32	0.9	394	0	0.05	0.04	0.6	34	24.2
Sweet Potatoes														
White	452	72.8	1.0	25.1	21	50	0.9	210	35	0.14	0.05	0.7	21	52.0
Yellow	481	70.7	1.2	27.1	36	56	0.9	304	1 680	0.12	0.05	0.6	30	
Potatoes	335	77.8	2.0	19.1	9	55	0.7	451	30	0.11	0.04	1.2	14	
Yams	452	71.8	2.0	25.1	22	39	1.0	294	0	0.10	0.04	0.07		
Taro and tannia	393	75.4	2.2	21.0	34	62	1.2	448	tr.	0.12	0.04	1.0	8	
Giant taro	255	84.0	0.6	14.8	30	50	1.0		0	0.05			5	
Giant swamp taro	548		0.9	31.0	334	56	1.2		0	0.05	0.07	0.88		
Elephant yam	339	78.5	2.0	18.4	38	38	2.4	416	0	0.06	0.02	1.7	6	
Taro leaves	255	81.4	4.0	11.9	162	69	1.0	963	5 535	0.13	0.34	1.5	63	163.0

ming enough total kJ although their protein intake was more than enough. All these studies indicate that nutritional adequacy seems to require more of the same food mix, rather than sharply altered consumption patterns. Some remaining deficiencies, such as Vitamin A, could be addressed at low cost through home gardens or supplementation of cooking oils.

The ability of TRCs to supply high amounts of food energy per unit of productive effort is well supported by studies of energetics of crop production. A measure of the energetic efficiency of crop production is the efficiency ratio (E), which is the edible yield of crops expressed in kJ and divided by the kJ of energy expended to attain that yield (Black, 1971). The higher the E of a crop the more efficient that crop is in the energetic efficiency with which it uses resources to produce food under a cropping system of a given technology.

Studies carried out in the Sigatoka Valley, Fiji showed that E of yams was 66, sweet potatoes 60, cassava 52 and taro 21. The values of other crops grown on the same farms such as rice, maize, pulses, potatoes and vegetables were significantly lower (Chandra, De Boer and Evenson, 1974 ; Chandra, Evenson and De Boer 1976 ; Chandra, 1979 Chandra, 1981). Hence, given one level of production technology the return to energy expenditure are always higher for TRCs than for any other food crop grown on the same farms.

Most of the TRCs produced in the world are consumed as fresh human food. Only a small fraction, probably no more than 10%, are utilized for animal feed, processed into human food or manufactured into industrial products. However, individual countries vary greatly in the forms of usage and this is discussed in a later section.

The commonest form of human consumption of TRCs is in the boiled form after the tubers have been peeled. Baking of whole, unpeeled tubers is important in some communities such as the use of yams, taro and giant taro in the South Pacific. In some places, such as West Africa, cassava is made into gari. This involves grating the tubers, washing the material and compressing the mixtures in bags for 2-4 days so as to expel harmful cyanogenic glucosides. Afterwards the material is cooked in shallow metal-pots and consumed. In some countries, such as Colombia and Brazil, small fractions (10-25%) of cassava flour are added to wheat flour to make a composite flour. Apart from making flour processing of TRCs tubers for making confectionery and other food products are only a minor activity in some countries.

Other plant parts that are important for human consumption are the leaves and sometimes the petioles of

some TRCs. Cassava leaves are frequently consumed in West Africa (Nigeria and Zaire) and Indonesia (Central Java). Taro leaves are consumed in the South Pacific, especially during periods of food scarcity, such as after hurricane and flood.

The tubers and leaves of cassava and sweet potatoes are often used for animal feed on smallholder farms. Usually the material is chopped up into small pieces. The main animals that utilize the products are pigs and chickens

TRADE AND SPECIALIZATION

Most of the TRCs produced in the world are usually consumed as subsistence products by subsistence and semi-subsistence farm households. Perhaps less than 33% of total production is marketed in the monetary sector of the national economies. Data on trade and specialization in TRCs are extremely meagre. Even FAO Trade Yearbooks do not report data on TRCs except for potatoes. This is one of the problems for further development of TRCs as rigorous country data on trade, marketing and prices are some of the fundamental immediate needs.

International trade in small consignments of fresh TRCs are important in many countries. Usually the export is from LDCs to developed countries (DCs). In many cases these exports are for the consumption of migrant ethnic communities who still have a high preference for their traditional native staple foods. For example, taro is regularly shipped and air-freighted from Fiji, Western Samoa, Tonga, Cook Islands and Niue for Polynesians and Melanesians living in New Zealand, Australia and the United States. Usually such migrants are prepared to pay 3-4 times higher price than local substitutes such as potatoes. Similarly TRCs from Latin America are exported to USA and Canada, from Africa to Europe and from developing Asia to more developed Asia such as Japan, Hong Kong and Singapore.

International exports of dried and processed forms of TRCs are restricted to very few countries. The most important are the export of cassava pellets from Thailand, Indonesia and Brazil to EEC countries, USA and Japan for animal feed. Total world export in 1978 was estimated to be about 5 million t (Goering, 1979), reflecting an annual growth rate in recent years of nearly 20%. The main exporter of cassava starch is Thailand. The world export of cassava starch has totalled about 250,000 t in recent years with the importers being USA and Japan.

Domestic trade in fresh TRCs are important in most producing countries, especially their larger producers in Latin America, Africa and Asia. In this context fresh

TRCs are transported to urban areas or important rural centres and marketed in open-air markets. The sellers are usually the more innovative farmers, middlemen or businessmen. The buyers are almost invariably urban workers and landless labourers. TRCs are usually purchased by the lower income groups in a society. Cassava and sweet potatoes are usually the cheapest foods while yams and taro are usually the more expensive TRCs.

CONTRIBUTION TO NATIONAL ECONOMY

The importance of TRCs to the national economy of each nation growing these crops varies considerably. However, instead of reporting masses of inter-country data showing similar patterns, it was thought appropriate to choose three very different countries and give detailed information on each so that the global range is covered. The countries chosen are Papua New Guinea, Fiji and Japan. In each country TRCs have markedly different levels of influence on the overall national economy.

Papua New Guinea is representative of an almost pure subsistence economy, heavily dependent on TRCs for staple foods and where over 90% of the total production is utilized for farm family subsistence. Fiji represents a semi-subsistence economy where TRCs are still very important in the peoples' diet and where about 67% of the total production is consumed by the rural population, the remainder consumed by urban population who purchase root crops for cash. Japan represents a highly commercialized economy, where TRCs are one group among several staple foods and where over 70% of the total production is purchased and consumed by the urban population. Each of these countries represent an interesting case. All other TRCs producing nations in the world can be categorized into one of these cases. Hence the following discussion is applicable to any nation in the world, depending on which group it belongs.

Table 4 shows the contribution of TRCs to the national economy of Papua New Guinea, Fiji and Japan. The highlights of this Table can be summarized as follows. Progressing from an almost pure subsistence economy of Papua New Guinea to a highly commercialized economy like Japan the important features are : (1) The average yield of the flour root crops increases markedly ; (2) The annual per capita consumption decrease substantially ; (3) The degree of fresh food utilization decreases and that of processed foods, animal feeds and non-food usage increases significantly ; (4) The contribution of food energy and protein supply from root crops in the total diet of an adult decreases sharply ; (5) The degree of farm household subsistence decreases while consumption by urban population increases greatly ; (6) In terms of total economic activity the per

Table 4 : Contribution of Tropical Root Crops
in Three National Economies

Parameters	Papua New Guinea	Fiji	Japan
1. Main crops (in order of importance)	Sweet Potatoes Taro Yams Cassava	Cassava Taro Yams Sweet Pota- toes	Potatoes Sweet Pota- toes Taro Yams
2. Area (1000 ha)	150	16	231
3. Production (1000 t)	917	153	5 496
4. Yields (t/ha)	6.1	9.6	23.8
5. Population (1000)	3 601	674	120018
6. Consumption (kg/capita)	255	227	46
7. Utilization :			
fresh food (%)	98	94	42
processed food (%)	-	1	8
animal feed (%)	2	5	10
non-food (%)	-	-	40
8. Energy supply :			
% kJ per adult unit per day	64	48	7
9. Protein supply :			
% g per adult unit per day	36	21	3
10. Human consumption :			
subsistence farm products (%)	93	67	28
urban population (%)	7	33	72
11. Income levels per capita (US\$)	783	1650	16568
12. Gross domestic product per capita (US\$)	935	2358	18192
13. Contribution to agricul- tural economy (%)	25	10	2

Source : (1) Cooperators in Root Crop Statistics Project from various countries
(2) FAO Production Yearbook, 1984.
(3) UN Statistical Yearbook, 1983-84.

capita income levels and GDP increases substantially ; (7) The overall contribution of TRCs in the agricultural economy decreases sharply.

What are the implications of these findings ? First, TRCs are important food products in countries that are strongly agricultural based and especially where subsistence and semi-subsistence characteristics are prevalent. In these situations production and consumption are an integral part of farm household decisions. Also, in the marketing structure and distribution channels are undeveloped or poorly developed and very little cash sales take place. Second, technological development, industrialization and urbanization lead to reduced dependence on TRCs as fresh human food. Other foods, especially the storable grains such as rice and wheat products, may become important in the human diet. However, a greater fraction of total production of TRCs are processed into human or animal feeds or are utilized for non-food purposes. Marketing and distribution channels become well organized and developed. The urban populations become the major users of fresh TRCs and processed products.

DEVELOPMENT POTENTIAL

The main development potential of TRCs is that they can produce large amounts of food per unit of effort (labour) or per unit of the (crop duration). This aspect has been well documented by the pioneering works of D.G. Coursey, as in Coursey and Haynes (1970) and his more recent paper (Coursey, 1984).

Unlike the grain crops such as rice, maize and wheat, in which massive investments in research and development occurred in the 1950s and 60s leading to the green revolution, no such revolution has yet taken place in TRCs. This can be attributed to several factors some of which are only the recent (last 2-3 decades) recognition of their importance as staple foods and the obsession of national governments with improving exotic and exportable crops. However, now many countries are increasing their research and development efforts so that in the long term the potential for a green revolution in TRCs is there as demonstrated below.

The high development potential of TRCs emanates from three sources which are : (a) physical and biological factors, (b) adaptation to a wide range of environments, and (c) man-plant inter-dependence. The physical and biological potential of TRCs are demonstrated in Table 5. First, the data shows that even after the green revolution in rice and no major improvement in TRCs, the TRCs can still out-yield rice, both in total edible yield and in food energy.

Table 5 Highest recorded edible yield per crop

Crop	t/ha	kJ/ha (10 ⁶)	Country
Cassava	68	384	Brazil
Sweet Potatoes	47	212	Taiwan
Yams	36	163	Nigeria
Taro	65	255	Hawaii, USA
Potatoes	72	226	Netherlands
Rice	8	118	Japan

Even if the measure of yield per unit time is used for comparison cassava, sweet potatoes and perhaps taro can still out-yield rice. In terms of total dry matter production Doku (1984) estimated that the use of improved varieties under conditions of good husbandry would result in yearly production levels of 140 t/ha for cassava and yams, and 200 t/ha for sweet potatoes and taro. Hence the highest recorded edible yield per crop shown in Table 5 are only a small fraction of the total dry matter production that can be attained in these crops. Second, because some yield components of TRCs can be harvested and consumed even prior to half-way through its crop duration, they are potentially able to supply food over a long time horizon during crop growth, a very desirable characteristic for subsistence and semi-subsistence smallholders. On the other hand, grain crops have a very sharp maturity period which culminates in a few days and hence the potential risk of crop failure, due to natural calamities such as floods, is very high. Third, TRCs have suitable plant engineering for yield increases. Since the storage organs in TRCs are underground, except in giant taro in which case it is the plant stem, these crops are very able to accept high amounts of yield increasing inputs such as fertilizers. In the case of grain crops, major restructuring of the plant was required in form of short-statured varieties to stand high fertilizer inputs without lodging before the green revolution was achieved. Hence, TRCs are already in a form which can stand high fertilizer inputs without the fear of a higher yield risk penalty.

Most TRCs are adapted to a wide range of climatic and edaphic environments and hence they can be grown in most of the agroclimatic zones present in the tropical and subtropical world. Each crop also has a large number of cultivars, each suitable for a particular locality even within individual country basis. The plants also can readily adapt to new conditions as has been the historical experience with potatoes.

Probably the most important reason why TRCs have a high potential for development is because of their strong inter-dependence with man in historical perspective. These groups of crops have been cultivated in confined ecological niches in many regions and islands of the developing world for thousands of years. Over this period man has adapted his life around the life of TRCs plants and the TRCs themselves have been adapted to fit the needs of the people. Because these cultivators have a strong affinity for TRCs it follows that any suitable research and development efforts in TRCs would have a high potential for acceptance by the farmers. In the long run this will make a substantial gain to the welfare of the root crop communities.

FOODS FOR HUNGRY WORLD

The future development of TRCs will be strongly influenced by two main factors which are population growth and urbanization. In those countries which are heavily dependent on root crops for human food the demand for these crops will be directly associated with population growth. Given the present population growth rates of 2-3% in many TRCs producing nations of Central and South America, Africa and Asia, the problem of maintaining even the present levels of subsistence will become acute since national populations are likely to double within 30 years or by year 2015AD. That is, in just three decades over three billion people will be directly dependent on TRCs for their staple foods and altogether over six billion will consume these crops on a fairly regular basis. Hence, the problems of meeting such growth in food needs will be enormous both for national governments and on a global perspective.

The main problems of maintaining food supply will be in the African and Latin American countries where population growth is fastest, about 2.5-3.0% per annum. The main African nations concerned are Nigeria, Ivory Coast, Ghana, Zaire, Tanzania, Mozambique, Togo, Benin, Ethiopia, Sudan, Egypt, Burundi and Rwanda. The main Latin American countries are Brazil, Colombia, Venezuela, Mexico, Peru, Central American countries and the Caribbean nations. In Asia, where population growth is less rapid and in the order of 2.0-2.5% per annum, the main countries concerned will be China, India and Indonesia. It is likely that in most of the above

countries population growth will be faster than TRCs production in the next three decades. Hence more malnutrition and under-nutrition can be expected in many of these countries, especially those in Africa where food scarcity is already very high. Therefore, major efforts will need to be directed at increasing TRCs production in these countries. Hence in many LDCs dependent on TRCs for staple foods the main problem will be one of supply which cannot be ignored from agricultural policy. There has to be considerable commitment of resources into the development of TRCs if mass hunger and starvation are to be avoided in many parts of the world.

In the LDCs urbanization is occurring rapidly and it has been forecast that the total urban population of 972 million in 1975 will increase to 2,116 million in 2000 AD, a compound growth rate of 4% per annum (Todaro, 1981). Some cities in Africa such as Nairobi, Lagos and Accra presently have growth rates of over 7% per annum while many Asian and Latin American cities average over 5% per annum. The world's 12 fastest growing cities are all in LDCs. Todaro (1981) notes that rural-urban migration accounts for 35-60% of this growth in urbanization.

It is therefore reasonable to assume that urbanization in the LDCs where TRCs are staple foods would create and added demand for these foods. TRCs are generally regarded as having low income and price elasticities of demand. Added to this if the historical experience of other countries are any indication urbanization would tend to favour the consumption of grain crops rather than TRCs in fresh form. Nevertheless there will be increased demand for processed forms of TRCs as well as products for animal feeds, both for domestic consumption and international markets, as a result of their comparative price advantage. However, on the whole urbanization would not create as large a demand for TRCs as that due to responses to rural population growth. In the long-run it is very likely that the diet of the urban dwellers and migrants would slowly change towards storable convenience foods such as rice, maize and wheat products and this could be the result of both income and price effect. This, in itself, will be a major dilemma for the developing nations which can be demonstrated in this way. As noted earlier, TRCs, because of physical and biological factors, are highly efficient producers of kJ per unit of input such as land, labour or capital (Chandra, 1980 ; Evenson and De Boer, 1978). Under the same level of inputs TRCs are capable of producing more kJ per ha per unit time than any other crop, except perhaps sugar cane. In other words, TRCs, compared to other crops such as rice, have particularly suitable production functions as shown by the theoretical responsible curves in Figure 1. However, price ratios between TRCs and a crop such as rice are not normally in favour of TRCs and hence the economic justification for maximizing production of TRCs is not usually present. As noted later there are other problems such as markets and infrastructure

development in LDCs which inhibit the commercialization of TRCs. However, it is clear that in the LDCs where TRCs are important staple foods of the majority of the population, the first priority for food production program should be based on root crops. Therefore, it follows that TRCs have a major role to play in supplying for needs of future population of many LDCs.

TRCs AND RURAL DEVELOPMENT

About one-third of the world's population, consisting of 1.67 billion inhabitants, are dependent on TRCs for their staple foods. Most of these people are located in the LDCs encompassing the tropical and subtropical regions. It is in these regions where the problems of mass poverty, hunger and low incomes exist. Here even modest improvements in the production and consumption of TRCs can make substantial gains to the welfare of the people. The main opportunities for TRCs are in increasing the amounts of human food and livestock feed within rural development programs.

Rural development, as defined by the World Bank (1975) is 'a strategy designed to improve the economic and social life of a specific group of people - the rural poor. It involves extending the benefits of development to the poorest among those who seek a livelihood in the rural areas. The group includes small-scale farmers, tenants and landless'

The World Bank and other international agencies and institutions did place the main emphasis on increasing production, raising productivity, increasing employment and mobilizing what land, labour and capital were available. But there was also recognition that inequalities had to be reduced, that development involved values and quality of life issues, and that the poor should participate in activities and be involved in decision-making. This strategy came to be known as 'growth with justice' but few can now see much evidence of the evolution of just or equitable societies. These issues are the basic problems of rural development in areas where TRCs are important. Hence there are strong complementary relationships between rural development and TRCs development.

One of the greatest challenge facing research workers in TRCs is in the design of suitable farming systems strategies that will combine their excellence in food production with the overall issues in rural development. In this context TRCs have to be considered the dominant staple crops but they have to be grown with other crops (and perhaps livestock) to provide adequate nutrition and establish a basis for increasing incomes. How can this be done ?

Presently there exists very little information as to what the optimum combination of crops (and livestock) are for various regions, farm sizes and diets. However, the payoffs can be very high for and LDC trying to develop quickly and at the same time ensuring that mass hunger and starvation will not occur. Here consumption based studies may provide useful insight into ideal crop mixtures. For example, it is easily possible to calculate the area of a crop required to sustain a farm family. If cassava was the dominant food with a consumption rate of 4,186 kJ per capita per day and the fresh tuber yield was 15t/ha then only 0.2 ha per year would be required to feed a family of five adult equivalents. Hence a farm size of 0.25 ha may be quite feasible to meet total nutrient requirements. Using intercropping, rotations and relay planting, it may be possible to further reduce the area required for satisfactory subsistence.

However, meeting subsistence food needs by itself will not provide the momentum for rural development. Incomes have to be increased as well. Maximizing both is a problem as usually TRCs are not high-priced crops when sold commercially. However, the major problem in many LDCs is that the market structure is not developed or poorly developed and this, together with poor transport and communication channels, makes the feasibility of producing TRCs for cash sales extremely difficult. This problem has been addressed by some researchers who have designed two-goods theoretical models which ensures that after the demand ceiling for food has been met from farm resources the remainder of the resources can be allocated to the production of cash crops (Fish, 1962, 1964 ; Shand, 1965 ; Stent and Webb, 1975 ; Chandra and De Boer, 1978 ; De Boer and Chandra, 1978). However, the process of change from pure subsistence to producing for markets is a long term development strategy and depends largely on other factors such as incentives for cash and education and the development of innovations, transportation infrastructure, markets and prices. In fact all these processes are manifestations of rural development in its totality.

REFERENCES

- BLACK J.N. (1971). Energy relations in crop production - a preliminary survey. *Proc. Assoc. Appl. Biol.* 62 : 272-8.
- CHANDRA S. (1979). Energetics of crop production in Fiji. *Agricultural Mechanization in Asia* 10, 3 : 19-24.
- CHANDRA S. (1980). Root crops in Fiji - Part 2 : Development and future food production strategy. *Fiji Agric. J.* 42 : 11-17.

- CHANDRA S. (1981). Energetics and subsistence affluence in traditional agriculture. Development Studies Centre Occasional Paper 24, Australian National University Press, Canberra, 34 p.
- CHANDRA S. (1982). Food production and consumption in a Fijian village and Indian settlement in the Sigatoka Valley, Fiji. *Agricultural Systems* 9 : 1-13.
- CHANDRA, S. (1984). *Edible Aroids*. Oxford University Press, London, 250 p.
- CHANDRA, S. and A.J. De BOER (1978). Productive efficiency of Fijian and Indian farming systems in semi-subsistence agriculture - Part 6 : Energetic efficiency analysis and results. *Fiji Agric. J.* 40 : 37-50.
- CHANDRA S., J.P. EVENSON and A.J. De BOER (1976). Incorporating energetic measures in an analysis of crop production practices in Sigatoka Valley, Fiji. *Agricultural Systems* 1 : 301-311.
- COURSEY D.G. (1984). Potential utilization of major root crops, with special emphasis on human, animal and industrial uses ; pp. 25-35 in *Tropical root crops : production and uses in Africa*, IDRC-221e, Ottawa, 231 p.
- COURSEY D.G. and P.H. HAYNES (1970). Root crops and their potential as food in the tropics. *World Crops* 22 : 261-265.
- De BOER A.J. and S. CHANDRA (1978). A model of crop selection in semi-subsistence agriculture and an application to mixed agriculture in Fiji. *Amer. J. Agr. Econ.* 60, 3 : 436-444.
- DOKU E.V. (1984). Production potentials of major tropical root and tuber crops ; pp. 19-24 in *Tropical root crops : production and uses in Africa*, IDRC-221e, Ottawa, 231 p.
- DYE E. (1976). Unpublished masters thesis ; University of Hawaii.
- EVENSON, J.P. and A.J. De BOER (1978). Role of root and tuber crops in food production strategy for semi-subsistence agriculture. *Agricultural Systems* 3 : 21-232.
- FAO Production Yearbooks (various years, 1965-84), FAO Publication.
- FAO (1974). Report on tropical root crops consumption in Zambia. FAO report ESN:DP/ZAM/69/512.
- FISK E.K. (1962). Planning in a primitive economy : special problems of Papua New Guinea. *Econ. Rec.* 38 : 462-478.

- FISK E.K. (1964). Planning in a primitive economy : from pure subsistence to the production of a market surplus. *Econ. Rec.* 40 : 156-174.
- GOERING T.J. (1979). Tropical root crops and rural development. World Bank Staff Working Paper 324, Washington, 85 p.
- LAMBERT J. (1975). A study of nutritional status and economic development in the Chimbu district, Papua New Guinea, 1956-76. Unpublished masters thesis, University of London.
- LANGLEY D. (1953). Dietary survey and growth records in a Fijian village, Naduri. Report of : the Fiji School of Medicine, Suva, 35 p.
- MENON, S. (1975). Food consumption trends in Naduri village, 1953-74. Report of the Fiji School of Medicine, Suva.
- PARKINSON S. (1984). The contribution of aroids in the nutrition of people in the South Pacific ; pp. 215-224 in S. Chandra (ed.) *Edible Aroids*, Oxford University Press, London, 250 p.
- SHAND R.T. (1965). The development of trade and specialization in a primitive economy. *Econ. Rec.* 41 : 193-206.
- STENT W.R. and L.R. WEBB (1975). Subsistence affluence and market economy in Papua New Guinea. *Econ. Rec.* 51 : 522-38.
- TODARO, M.P. (1981). *Economic development in the Third World*. (Sec. Ed.) Longman, London.
- UN (1975) Poverty, unemployment and development policy : A case study of selected issues with reference to Kerala. ST/ESA/29.
- UN STATISTICAL YEARBOOKS (various years, 1983-84) UN Publication.
- VENKATACHALAN P.S. (1962). A study of the diet, nutrition and health of the people of the Chimbu area. PhD Monograph 4, Port Moresby Department of Public Health, Port Moresby.
- WILKINS, R.M. (1963). Dietary survey in a Fijian village, Naduri, Nadroga. Report of the Nutrition Department, Fiji School of Medicine, Suva, 37 p.
- WILKINS, R.M. (1965). Nutrition survey, Western Samoa, 1965. South Pacific Health Service Department, Suva.
- WORLD BANK (1975). *Rural development : Sector policy paper*. Washington.

GIANT SWAMP TARO (Cyrtosperma chamissonis) IN KIRIBATI

Dr. S. CHANDRA

Bureau of Agricultural Economics
P.O. Box 1563
Canberra City ACT 2601
AUSTRALIA

(Le Taro géant des Marais (Cyrtosperma chamissonis) au Kiribati)

SUMMARY

Kiribati is a small island state consisting of 33 coral atolls in the Central Pacific. The only important staple root crop is the giant swamp taro (Cyrtosperma chamissonis Schott) Merr.), known locally as babai. Babai is grown in pits dug down to the water lenses of the atolls. Its production is very labour intensive. Yields of babai in different atolls vary greatly and range between 10-25 t/ha/year. In this extremely resource restricted environment the production of any crop is difficult. A project designed to produce large quantities of babai on commercial lines on Tarawa atoll may be an important strategy in reducing dependency on imported foods by the urban population.

RESUME

Kiribati est un petit état insulaire composé de 33 atolls coraliens dans le centre du Pacifique. La seule culture de racine de base est le taro géant (C. chamissonis Schott) Merr.), appelé localement "babai". Le "babai" est cultivé dans des fosses creusées jusqu'à la nappe phréatique des atolls. Sa production est hautement consommatrice de main d'oeuvre. Les rendements varient considérablement à travers les atolls, allant de 10 à 25 t/ha/année. Dans ce milieu aux ressources extrêmement limitées, la production de toute culture est difficile. Un programme visant à produire de grande quantité de babai sur des bases commerciales sur l'atoll de Tarawa pourrait être une stratégie de valeur pour réduire la dépendance de la population urbaine à l'égard des aliments importés.

INTRODUCTION

Kiribati, a central Pacific island state, comprises 33 small coral atolls which form an area of 720 sq. km., scattered over 5 million sq. km of oceans with a total population of about 60,000. This nation has an extremely restricted resource environment where the land elevation seldom exceeds 3 m above sea level. The soil mainly consists of coral fragments and is classed as stony sand or stony loamy sand. It is extremely infertile with a large number of nutrient deficiency problems and having a low water retention capacity. There are no running streams and the water for both domestic and agricultural use is derived from shallow wells dug into the fresh water lenses located 1-2 m below the atoll surface. The most ubiquitous crop in Kiribati is coconuts. As in other Pacific islands coconuts is referred to as the "tree of life" meaning that it is able to provide most of the basic needs of island communities such as food, drink, building materials, fuel, utensils and ornaments.

HISTORICAL DEVELOPMENTS

Giant swamp taro (*Cyrtosperma chamissonis* (Schott) Merr.), known locally as babai, is the most important staple root crop of the Kiribati people. It is a member of the *Araceae* and has probably been cultivated in Kiribati for several hundred years, even a thousand years. The crop probably originated in Indonesia from where it spread north and eastwards in prehistoric times to Philippines, Papua New Guinea and the islands of South Pacific to become a minor crop in Melanesia and Polynesia but a major crop in Micronesia (MASSAL and BARRAU, 1956 ; BARRAU, 1961 ; PLUCKNETT, 1976, 1977). In Kiribati babai is the main tropical root crop (TRC) and it probably comprises over 98 per cent of the TRC area. Only other TRC grown in isolated pockets is taro (*Colocasia esculenta* L. Schott). *Cyrtosperma chamissonis* is probably the largest plant in the world which produces edible corms.

PRODUCTION SYSTEMS

In Kiribati babai is grown in pits dug down to the upper level of the water lenses. The pits vary in size from 10-2,000 sq. m. but pits as large as 20,000 sq. m have been known. Digging the pits through hard coralline material is extremely labour intensive but once dug the pits can be used for several generations. Many pits in Kiribati are of ancient origin and may have been dug hundreds of years ago. The tools used in those days were made of giant clams or turtle shells. It is generally accepted that the peak production of babai occurs after many years by which time sufficient organic

matter has accumulated in the pits. The babai plant has a wide range of pH tolerance and can be successfully grown in very fresh to brackish waters.

Babai is a giant perennial herb ranging from 1-6 m (mostly 2-4 m) in height. The crop can be planted throughout the year. The planting material are the tops and suckers although one cultivar (*unikaai*) produces viable seeds which are rarely used for planting (SMALL, 1974). The plants are usually spaced about 1 m apart for larger cultivars and 50 cm apart for small cultivars. Planting is done in small holes dug into the puddled surface of the pit. Usually leaves and other vegetative material are also inserted in the hole and covered with soil and sand. Once the plants start growing circlets of woven coconut frond or pandanus leaf baskets (bottomless) are inserted around the plant base and these are filled with soil and mulches. As this compost mixture rots more is added. Often tin cans and other iron-made material are also added to improve the severe iron deficiency in the soil. As the corm grows further baskets are added and the process repeated. About four levels of baskets are needed during crop growth and the plants are usually tended about four times per year. A whole pit is rarely planted with babai at the same time. The crop content of any pit usually consists of babai at various stages of growth. This allows for a regular supply of food to the households. In Kiribati no more than three days babai supply is harvested at any one time. Immediately after harvest of one plant another is planted in its place. It is estimated that 3,000-4,000 manhours/ha/year are required to maintain a babai pit at its full production stage. Babai is a slow growing plant and the corms are ready for harvest after 18-24 months but sometimes they are allowed to grow for 5-7 years or even longer. There are at least 18 varieties of babai in Kiribati (LAMBERT, 1977). Some varieties can be harvested after about 9 months growth. The varieties are usually distinguished by the colour of the petiole, shape of leaf (broadly or narrowly sagittate), spiness of the petiole base, ability to produce suckers, palability of the corm and time taken to maturity (VICKERS, 1982). Detailed descriptions of nine varieties are given by CATALA (1957).

The yield of babai in Kiribati varies greatly between the wetter islands having over 3,000 mm of rainfall per annum and the drier islands obtaining about 800 mm rainfall per annum. Higher yield is obtained on Butaritari atoll in the Gilbert Group averaging about 25 t/ha/year. The highest yielding cultivar is the slow growing *ikaraoti* which can produce corms of 100 kg but the normal weight is 25-50 kg after several years growth. The faster growing *Katutu* cultivar produces small corms of 7-10 kg each after 18-24 months growth. On drier atolls such as Christmas Island the yield is about 10 t/ha/year. Similar yield figures have been reported for other islands in Micronesia (KAY, 1973 ; SPROAT, 1968). Apart from the corms other useful plant parts are the

leaves and petioles. The leaves are used for thatching, wrapping food and give protection against rain. The spiny petioles are used for weaving baskets and mats.

In Kiribati there are two important pests of babai. The first is the babai beetle (*Papuana huebneri*) which attacks the corms. This pest can be successfully controlled using integrated cultural methods. Biological control is being investigated. Chemical control is not recommended in Kiribati because of the fear of polluting the water lenses. In 1983 a new pest was discovered which has not yet been identified. This is the Makin pest (found on Makin atoll) belonging to order Dictyoptera. This pest also attacks corms of babai. Burning of the babai pits is the recommended control practice for this pest.

CONSUMPTION, NUTRITION AND UTILIZATION

It is unclear what the annual production of babai is in Kiribati. Based on records held by the Ministry of Natural Resource Development an estimate is 4,380 t/year. This is based on the consumption rate of 0.2 kg/capita/day. This figure is less than half the consumption rate of TRCs in other South Pacific nations such as Fiji, Western Samoa, Tonga and Cook Islands.

Babai is almost always consumed by humans. Only a very small fraction, probably less than 5 per cent, is used for feeding livestock such as pigs and chickens. The general method of consumption by humans is in boiled or roasted forms.

Compared to other TRCs babai is second to cassava in food energy producing 5,480 KJ/kg and having a total carbohydrate and fibre content of 310 g/kg of edible portion. However, babai has low contents of protein and vitamins. In the atoll environment of Kiribati the protein needs of the households are easily met from marine sources consisting mainly of fish, shellfish, crabs and other crustaceans (GEDDES et al., 1982). Coconut palm toddy is a good source of vitamins and is almost invariably used by all households to supplement their diet.

DEVELOPMENT PROSPECTS

In Kiribati the development of babai is an important issue because of its role in the peoples' diet. Because of increasing losses in foreign exchange for imported substitutes such as rice and flour the Government is particularly concerned about increasing the production and consumption of babai. The most urgent problem is the supply of babai for the 20,000 urban population located on Tarawa and Betio

atolls. These people are the main consumers of imported foods and their access to babai produced in other atolls is restricted because of poor transportation infrastructure.

Presently a project is being considered by the Government of Kiribati to produce babai on Tarawa atoll in large commercial quantities. the project entails production in commercially run pits under high inputs of fertilizer, water, labour and management. It is expected that yields of over 50 t/ha/year can be obtained on a sustained basis. The project will be funded by the Australian Development Assistance Bureau (CHANDRA, 1984). The progress of this project will be useful in indicating whether intensive commercial production of TRCs in Kiribati and other South Pacific nations can be used to alleviate the dependency on imported foods.

CONCLUSIONS

Babai or giant swamp taro is the most important staple root crop in Kiribati. It is grown in pits dug down to the water lenses of the atolls. Its production is extremely labour intensive. Yields vary considerably between the atolls ranging between 10-25 t/ha/year. A project designed to produce large quantities of babai on commercial lines on Tarawa atoll is presently being considered by the Government of Kiribati.

LITERATURE CITED

- BARRAU, J. 1961. Subsistence agriculture in Polynesia and Micronesia. Bernice P. Bishop Museum, Honolulu, Hawaii, Bull. 223 ; 94p.
- CATALA, R.L.A. 1957. Atoll Research Bulletin 59, USA.
- CHANDRA, S. 1984. Babai and other root crops project in Kiribati. Report to Australian Development Assistance Bureau, Canberra.
- GEDDES, W.H., CHAMBERS, B. SEWELL, R. LAWRENCE and R. WATERS. 1982. Atoll economy : social change in Kiribati and Tuvalu. Islands on the Line Team Report, Australian National University Press, Canberra, 216 p.
- KAY, D.E. 1973. Root crops. Tropical Products Institute Crop and Product Digest No. 2, London ; 245p.
- LAMBERT, M. 1977. The cultivation of taro *Cyrtosperma chamissonis* Schott in Kiribati. South Pacific Commission Technical Paper No. 174, 163-165.
- MASSAL, E. and BARRAU, J. 1956. Food plants of the South Sea Islands. South Pacific Commission Tech. Paper 94, Noumea ; 51p.
- PLUCKNETT, D.L. 1976. Edible aroids ; pp. 10-12 in Simmonds, N.W. (ed). Crop Plant Evolution, Longmans, London.
- PLUCKNETT, D.L. 1977. Giant swamp taro, a little known Asian - Pacific food crop ; pp. 36-40 in Proc. 4th Symp. Inter. Soc. Trop. Root Crops, IDRC - O80e, Ottawa, 277 p.
- SMALL, C.A. 1974. Atoll agriculture. Cathay Press, Hong Kong.
- SPROAT, M.N. 1968. A guide to subsistence agriculture in Micronesia. Trust Territory of the Pacific Islands Agric. Bull. No. 9, Saipan ; 142 p.
- VICKERS, M.E.H. 1982. The agronomy of *Cyrtosperma chamissonis* (Schott. Merr.) in Kiribati ; pp. 90-97 in Lambert, M. (ed). Taro production in the South Pacific, South Pacific Commission Handbook 22, Noumea, 144 p.

AROID IMPROVEMENT IN THE EASTERN CARIBBEAN :
AN UPDATE OF THE AROID/ARROWROOT PROJECT

(Amélioration des Aroïdées dans la Caraïbe orientale :
Une mise à jour du Projet Aroïdées/Arrowroot)

H. ADAMS (1), PATTANJALIDIAL (1), G. BROWN (2), B. COOPER (3)
and A. CLARKE (1)

- (1) The CARDI, the CARDI/EDF "Aroids" Arrowroot" Project, Botanic Gardens
Roseau, Dominica
(2) Root Crop Agronomist, CARDI, St. Augustine, Trinidad
(3) CARDI/EDF "Aroids/Arrowroot" Project, CARDI, Kingstown, St. Vincent

SUMMARY

The work on aroid improvement from mid-1982 to the present in the English speaking islands of the Eastern Caribbean, was reported. The crops studied were dasheen (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *esculenta*), eddoe (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*) and tannia (*Xanthosoma* spp. Schott). Research and Development work based on constraints identified in CARDI farming systems root crop and aroid production surveys, yielded the following results : description of one hundred (100) aroid cultivars ; the identification of eleven (11) "elite" tannia cultivars ; the selection of three (3) tannia hybrids ; the development of systems for the multiplication of "clean" tannia plants ; the description of the "tannia root rot disease", its cause and methods for its management. An improved package of practices for tannia production was tested and the shelf-life of dasheen corms was prolonged to over four (4) weeks. Recommendations for further work in the major activities are made.

RESUME

Les travaux pour l'amélioration des aroïdées de la mi-1982 à aujourd'hui, dans les îles anglophones de la Caraïbe orientale, ont été présentés. Les cultures suivantes ont été étudiées : dachine (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *esculenta*), madère graine (*C. esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*) et Malanga (*Xanthosoma* spp. Schott). Les travaux de recherche et d'application basés sur des enquêtes de production du CARDI sur les systèmes d'exploitation des plantes à tubercules, ont conduit aux résultats suivants : description de cent cultivars d'aroidées ; identification de onze cultivars "élite" de malanga ; sélection de trois hybrides de malanga ; le développement de systèmes de multiplication de plants "sains" de malanga ; la description de la "maladie

de la pourriture des racines du malanga", ses causes et les méthodes de lutte. Un ensemble de pratiques améliorées pour la production du malanga a été testé et la durée de conservation des récoltes de dachine a été portée à quatre semaines. Nous présentons des recommandations pour de futures recherches dans les principaux domaines.

INTRODUCTION

The edible aroids (*Colocasia* spp and *Xanthosoma* spp : Fam ARACEAE) are a traditional staple food for the people of the Eastern Caribbean Islands. Tannia (*Xanthosoma* spp), dasheen (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*) and eddoes (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) are the principal edible aroids grown. Banana or tree crop based production systems predominate on small subsistence farms. Pure stands are rare. Over the past decade there was a trend of increasing aroid exports both to the Caribbean Region and the U.K., from the Eastern Caribbean and particularly from Dominica (Table 1).

Table 1. Exports of Aroids and other root crops from Dominica, metric tons.

Crop/Year	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Dasheen	217	214	101	107	192	174	331	413
Tannia	227	182	83	55	139	123	174	227
Yam	92	63	28	12	27	39	70	91
Sweet potato	18	10	6	3	3	3	8	10

Source : Annual Overseas Trade Reports. Central Statistics Office, Roseau.

The aroids covered an estimated area of 2,111 ha (Table 2) in the 1982/83 season with a production of approximately 16,900 metric tons. A low average yield of 8 metric tons/ha was estimated. Using a conservative mean market price of EC\$1 per kg, the total annual value of production is EC\$16,900,000.00 or US\$6M (US\$1 = EC\$2.75).

Table 2. Area (ha) under Aroid cultivation in 4 Eastern Caribbean Countries, 1982/83

Country	Dasheen	Eddoes	Tannia	Total
Dominica	850	-	553	1 403
Grenada	85	4	40	129
St. Vincent	109	156	113	378
St. Lucia	159	-	42	201
Total	1 203	160	748	2 111

Source : Adams and Pattanjali (1983)

However, the yield of marketable dasheen corms, tannia cormels and eddoe cormels are not fully realized due to several factors identified in field surveys (FERGUSON, 1981 ; ADAMS et al., 1983 ; GEORGE et al., 1981). A brief listing of the constraints is as follows :

1. The decline of the tannia production due to the tannia root rot disease ;
2. The short shelf-life of the dasheen ;
3. The high cost of manual labour in weed control ;
4. Haphazard methods used in the selection and production of tannia planting material and the low level production practices ;
5. The low level of productivity of the mixture of genotypes commonly cultivated ;

6. The unfavourable post-harvest handling increased losses and reduced consumer acceptability particularly in the budding export trade ;
7. The neglect of the eddoe crop in most of the islands (except St. Vincent) ;
8. The absence of any clear and effective plant fertilization recommendations and practices except in the case of dasheen ; and
9. The absence of any information on varietal description and evaluation (except for the dasheen in Dominica).

The task of studying the edible Aroids, with the general objective of improving the industry, was undertaken by the CARDI/EDF sub-Project (within Project n° 5100.33.94.041) entitled "Increased Production of Aroids (Tannia, Dasheen, Eddoe) and Arrowroot in the Eastern Caribbean". The work, begun in September 1982, was funded by the European Development Fund (EDF) and implemented by the Caribbean Agricultural Research and Development Institute (CARDI). The sub-Project islands were Dominica, St. Lucia, St. Vincent and Grenada.

The specific reference of the sub-Project was to increase tannia production by managing the tannia burning disease hereafter referred to as tannia root rot disease and increasing the shelf life of the aroids. Tannia root rot disease accounts for 65 and 80 per cent loss in production in Dominica and St. Lucia, respectively.

The sub-Project then adopted a four-way approach to the problem as follows (Figure 1) :

- Genetic Improvement
- Agronomic Improvement
- Pathological Studies and
- Post-harvest Studies

METHODOLOGY

- Tannia, dasheen and eddoe cultivars were collected in each of the four countries (Table 2) and national germ-plasms evaluated over two years. A regional tannia collection was maintained and observed in Trinidad. The information recorded is being formulated to produce a reliable list of TANNIA DESCRIPTORS (Figure 1).

Hybrid plants, from seeds produced in the University of Florida, The University of the West Indies and the International Institute for Tropical Agriculture (IITA) in Nigeria,

Fig. 1 : The methodology of the aroid improvement project
as described by an activity flow chart

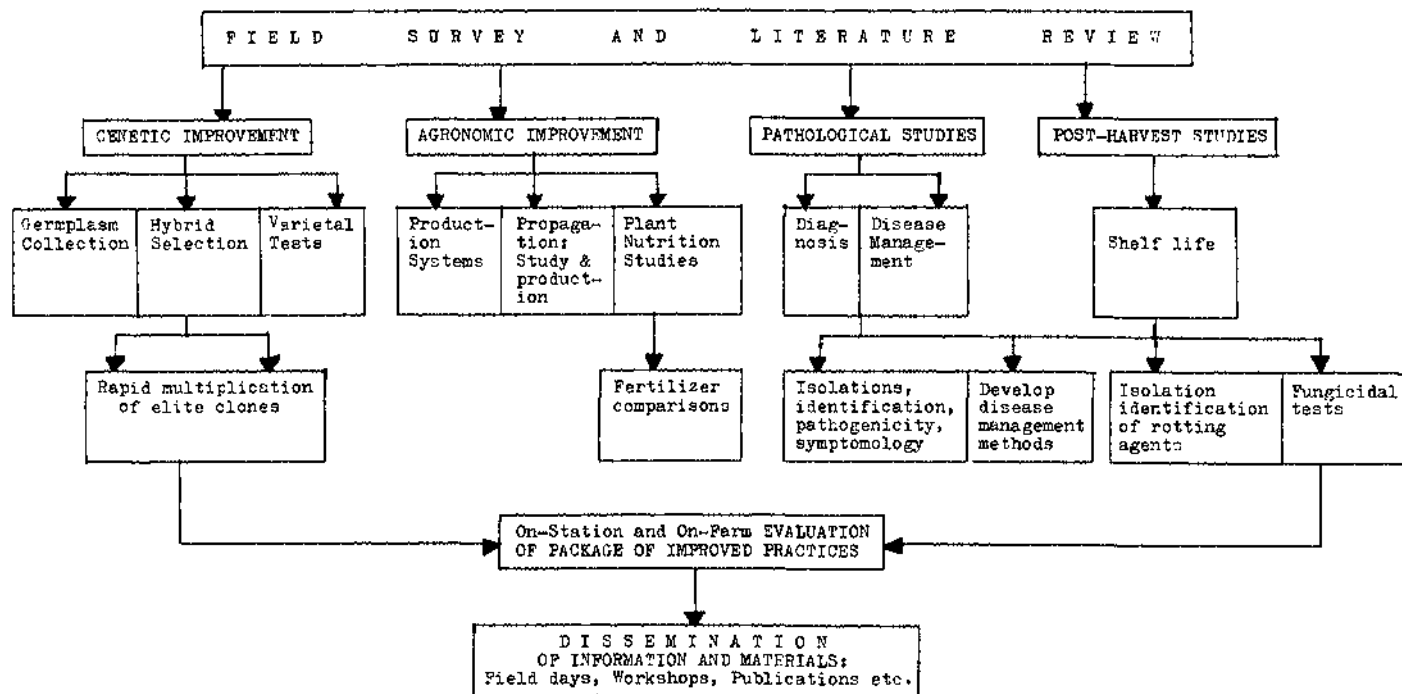


Table 3. Dasheen and eddoe (*Colocasia*) cultivars
and their main characters in some
Eastern Caribbean islands

Island Cultivar name	Maturity Range (months)	Petiole Colour	Raw corn flesh colour	Consumer Acceptability
<u>Dominica</u>				
Dasheen Soufe	9	purple	yellow	very good
Dasheen Noir	8 - 9	striped (pink-purple -black)	pink	very good
Dasheen Common	8 - 9	dark green	white	very good
Dasheen Blanc	7 - 9	cream & purple	white	good
<u>St-Lucia</u>				
Dasheen Purple	8 - 9	purple	purple	very good
Dasheen White	8 - 9	white	white	very good
Dasheen Green	8 - 9	green	white	good
<u>St- Vincent</u>				
Common White Dasheen	7 - 9	white	white	fair
Common Black Dasheen	8 - 9	purple	bluish	fair
Pink Dasheen	8 - 9	pink	pink	fair
Common White Eddoe	5 - 6	white	white	fair
Common Black Eddoe	6 - 7	purple	bluish	fair
Nut Eddoe	5 - 6	green	white	fair
<u>Grenada</u>				
Black Dasheen	7 - 9	black	bluish	fair
White Dasheen	7 - 9	green	white	very good
Blue Dasheen	7 - 9	bluish	white	fair
Chinee Nut Eddoe	5 - 6	green	white	very good

Eleven 'elite' tannia cultivars of the region were identified (Table 4) and described

Table 4. Elite Tannia (*Xanthosoma*) Cultivars of the Eastern Caribbean and their Main Characters

Island & Cultivar name	Cormel Skin Texture	Cormel Flesh Colour	Petiole Colour	Productivity	Suckering (+, 0)
<u>Dominica</u>					
Bruce	smooth	white	green	high	0
St. Lucia	smooth	pink	purple	high	0
<u>St. Lucia</u>					
Jamaica	smooth	pink	purple	high	0
Bruce	smooth	white	green	high	0
<u>Grenada</u>					
Marblay	smooth	pink	light purple	high	0
John Swift	mildly rough	purple	purple	high	0
<u>St. Vincent</u>					
Red Seed	smooth	pink	purple	high	0
Barbados White	smooth	white	green	high	0
<u>Trinidad</u>					
Viquiera	rough	white	light green	high	+
Bagatelle	mildly rough	white	light green	high	+
Deer Horn	smooth	pink	light purple	medium	0

were subjected to selection pressure to identify clones resistant to the tannia disease under field conditions at two locations.

The most acceptable "elite" tannia cultivars were compared in each country trials with the aim of identifying the highest yielders with the highest general adaptability.

- Agronomic Improvement

Crop mixes including bananas, plantains, beans and vegetables were evaluated with the specific objective of measuring their influence on the tannia root rot disease.

Eight types of tannia planting material were compared to observe their effect on the rate of plant growth and its ability to resist or tolerate the disease.

An "improved package of practices" (TANNIA TEK PAK) was formulated from root crop and tannia production system surveys for testing at 7 field locations.

Leaf samples of tannia and dasheen from six aroid ecozones within the 4 countries were collected for DRIS analyses by the University of Florida, IFAS. The DRIS method determines optimum nutrient status of tannia and dasheen.

- Pathological Studies

The causal agent, symptoms, development, spread and management of the tannia root rot disease were investigated.

- Post-harvest Studies

In Dominica, the causal agents of the dasheen corm rots and appropriate fungicidal treatments to prevent rot at ambient conditions, were studied. Post-harvest methods in handling eddoes and tannia were initiated in St. Vincent with the aim of enhancing consumer acceptability, reducing losses and prolonging shelf life.

RESULTS AND DISCUSSION

The results achieved in the areas of genetic improvement, agronomic improvement, pathological studies and post-harvest studies are summarised and presented below.

- Genetics

One hundred aroid accessions were collected and maintained in germplasm collections in five islands. The different clones were described and "Agronomist/Breeder's" tannia descriptor was developed (Figure 2). Some of the aroid cultivars are listed in Tables 3 & 4.

Three (3) hybrid tannia clones selected from one hundred and sixty seedlings survived harsh environmental field conditions and the selection pressure for root rot disease, yield and general adaptability (Table 5) over three generations.

Table 5. Hybrid Tannia Selected in Dominica

Clone No.	Plant height (cm)	*Marketable cormels		Total Number of cormels	Cormel skin texture	Cormel flesh colour	Consumer acceptability
		No.	kg				
H-31-15/2	75	11	3.18	18	smooth	pink	good
H-31-25	80	11	2.8	12	smooth	pink	good
H-31-27	52	13	1.0	13	smooth	white	good

* harvested at 8 months

- Agronomy

Intercropping of tannia with bananas and beans (Table 6a) or plantains (Table 6b) had no effect on the tannia root rot disease.

TANNIA DESCRIPTIONS																	
1.1	Common name of cultivar																
1.2	Name of place where found																
1.3	Petiole colour at maturity	white				light green				dark green							
		light purple				dark purple											
1.4	Bloom on petiole & underside of leaf	present															
		absent															
1.5	Total number of leaves	12 wks				22 wks				at maturity							
		leaf #															
1.6	Total leaf area (Aft ₁)	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
		12 weeks								22 weeks							
		leaf #															
		1	2	3	4	5	6	7	8	at maturity							
		cm ²															
1.7	Corm: Skin texture	smooth				rough				medium							
1.8	Corm & cormel flesh colour	white				yellow				purple							
						pink											
1.9	Shape of cormel	bulbous				rhizome				medium							
1.10	Height of plant	cm															
1.11	Petiole display	upright				prostrate				medium							
		spathe															
		yellow				cream				green							
										purple							
1.12	Flower colour	spadix															
		yellow				cream				green							
										purple							
1.13	Maturity of edible cormels	months															
1.14	Number of lateral suckers	10 wks				22 wks				at maturity							
1.15	Productivity	poor				high				medium							

Table 6a Effect of banana intercropping on incidence of root rot disease on tannia cvs Rabess and St. Lucia

Treatment	Tannia root rot score (0-4)		
	Cv Rabess	Cv St. Lucia	Mean
Banana (2.5m x 2.5m) + tannia + beans	3.45	2.85	3.15
Tannia + beans	3.70	3.35	3.52
Tannia (control)	3.40	3.30	3.35
Banana (3.75m x 3.75m) + tannia + beans	3.45	3.04	3.25
Mean	3.50**	3.14**	

LSD $_{0.01}$ = 0.33 treatment means

LSD $_{0.05}$ = 0.24 treatment means

Table 6b Effect of intercropping plantain on tannia root rot

Treatment	Mean root rot score*
Tannia cv Rabess	2.97
Tannia + plantain	2.72

* 0-4 = nil - severe

Comparative tests on types of tannia planting material showed that headsets, lateral suckers and pre-sprouted bits of corm and cormels produced the best early crop growth (Table 7). There was no significant difference between the effects of planting material type on the tannia root rot disease.

*Table 7. Effects of planting material on early growth parameters and incidence of tannia root rot disease

Kind of planting Material	Number of leaves per plant		Plant height (cm)		Leaf Area (cm ²)		Root rot
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	
Head setts	1.84 ^{abc}	ab	32.48 ^a	a	392.63 ^a	a	3.86
Lateral suckers	2.10 ^{ab}	ab	25.00 ^{ab}	ab	253.25 ^{ab}	ab	3.89
Sprouted bits (top corm)	1.85 ^{abc}	ab	24.20 ^{ab}	ab	220.38 ^{abcde}	abcde	3.99
Sprouted bits (bottom corm)	1.89 ^{abc}	ab	27.06 ^{ab}	a	239.88 ^{abcde}	abcde	3.90
Unsprouted bits (top corm)	0.95 ^{cd}	bc	17.26 ^{abc}	ab	15.63 ^f	e	3.91
Unsprouted bits (bottom corm)	1.05 ^{bcd}	abc	15.28 ^{bc}	ab	80.13 ^e	bode	3.78
Cormels (sprouted)	2.43 ^a	a	26.46 ^{ab}	ab	240.97 ^{abc}	abc	3.94
Cormels (unsprouted)	0.38 ^d	d	6.01 ^c	b	1.16 x 10 ⁻⁹		3.75

* Duncan Multiple Range Test : Values followed by the same letters are not significantly different.

A technique for the rapid multiplication of elite tannia clones was successfully tested and made fully operational in Grenada. This planting material production system utilised a screenhouse equipped with bins for growth media and a mist irrigator. This seedlings are then moved to a hardening nursery from where they are distributed to farmers. The essential considerations of this technique are the selection of disease free parent plants, breaking the dormancy of the corm and cormel bits, sterilising planting material

and media and the maintenance of high humidity for rapid initial growth. Routine checks are made for signs of abnormal plants and diseases. Rigorous roguing and disinfection are also very important. The throughput of the system is 10,000 plants per 20 weeks.

Secondly, corm bits and cormels from healthy parent plants were sprouted in a mixture of 2 peat : 1 vermiculite (V/V) under high humidity and high temperature for 18 hours followed by ambient conditions for 72-96 hours. This method has an advantage of short term production by the farmers themselves.

The shoot-tip meristem culture technique was successful using the Murashige and Skoog basal media and growth hormones to provide healthy seedlings excised from elite genotypes. On the longterm, the tissue culture laboratory, in Dominica, with its screenhouse and nursery for hardening of plantlets, will supply clean stocks of tannia for multiplication by the propagation centres throughout the islands. The movement of the vegetatively propagated aroids between countries will be made secure against the spread of diseases and pests.

The field test of the package of production practices showed that the management of the tannia root rot disease was achieved in 3 out of 7 field locations with a satisfactory yield of 4.2 kg/plant from 8 months old cv Rabess. The main points of disease management were as follows :

1. Use of clean and vigorous planting material
2. Good drainage of soil
3. Treatment of planting material and rhizosphere with an anti-Pythium fungicide (metalaxyl) and
4. Adequate plant nutrition.

The time of planting, rainfall and water-table were among some other factors that apparently differed between the tannia plots that produced tannia and those with high disease.

An improved package of tannia production techniques, has been compiled. This information is, in effect, a synthesis of the results generated by the separate activities. The importance of the improved package of practices lies in its immediate applicability to farmer production, in those eco-zones where rainfall is enough but not too much and where vigorous plants are available.

The DRIS analysis with fertilizer trials will further enhance the total production process of tannia, dasheen and eddoe.

- Pathology

Extensive field observations and precise experiments helped in the description of the tannia root rot disease. Four associated pathogens were isolated. *Pythium myriotylum*

Dreschl was found to be capable of inciting tannia root rot and leaf yellowing when compared to *Pythium splendens* Brown, *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Fusarium solani* Sacc. and *Ceratobasidium cornigerum* (Bourdot) Rogers. The pathogenicity of *Pythium myriotylum* was further substantiated by the efficacy of metalaxyl (an anti-*Pythium* fungicide) in preventing any root rot for up to 42 days in greenhouse studies and reduced root rot in field conditions. However, besides rotting of the roots due to *Pythium myriotylum*, the above ground symptoms on the leaves were only a rapid yellowing of successive leaves, as if it were a toxin induced process. Neither bacterial spots/marginal necrosis of leaves (BERNIAC, 1974 and LAGUNA et al., 1983) nor classical symptoms of mineral deficiencies of Tannia (SPENCE and AHMAD, 1967) were observed in plants inoculated with *Pythium myriotylum*. In the field, root rot affected plants may have mild incidence of bacterial spots and marginal necroses.

In both greenhouse and field studies, the tannia root rot was found to be initiated as early as the twelfth day after planting, the number of rotted roots coupled with yellowing of leaves, dramatically increased.

Infested planting material coupled with poor drainage were consistently observed to contribute to the spread and development of the tannia root rot disease. Severely diseased tannia fields were always associated with these two factors.

- Post harvest Studies

The main rotting agents of dasheen corms were identified as *Pythium splendens*, Brown and *Botryodiplodia theobromae*. The fungicidal dip, consisting of a mixture of metalaxyl and benomyl, prevented the corm rot. The treatment of dasheen corms prolonged the shelf life to over 4 weeks (Table 8).

Indications are that permissible residue levels are obtained after 3 weeks and therefore this method allows for ease of harvest, transportation and storage until marketing day. Lower levels of metalaxyl may even reduce the duration of storage before market.

Table 8. Effect of fungicides on dasheen corm rot

Treatment	ROTTING DISEASE INDICES	
	4 weeks	6 weeks
Control	62.90	72.55
250 ppm metalaxyl ¹	28.77 ^a	37.81 ^b
550 ppm + benomyl ²		
500 ppm metalaxyl	27.87 ^a	37.92 ^b
500 ppm + benomyl		

^a significantly different from control LSD 0.01 = 6.35

^b significantly different from control LSD 0.01 = 12.19

¹ metalaxyl from Ridomil M758 containing 10% a.i.

² benomyl from Benlate WP50 containing 50% a.i.

CONCLUSIONS

The 17 Colocasia (Dasheen and eddoe) cultivars needs to be further investigated for productivity and storage characters since they are naturally adapted to this region.

The eleven elite tannia cultivars and three hybrid clones identified should be further tested for resistance or tolerance to high disease pressure as is obtained in Dominica and St. Lucia. The cultivars or clones with smooth skin and pink/white flesh should be studied for general consumer acceptability in both overseas and regional markets before large scale multiplication of clones is planned.

Since the improved production practices : clean and vigorous planting material, good drainage, treatment of planting material and adequate plant nutrition has been successful in 3 out of 7 differing field situations, further work on refining the improved production practices applicable to the important ecozones in each island should be done.

The techniques for rapid multiplication of healthy parent material either under mist propagation, high temperature/high humidity and shoot tip meristem culture technique should be examined where relevant for replication and direct application to farmer or government nurseries in the region. In addition this method is applicable to some ornamentals or food crops for export.

The successful use of metalaxyl (Ridomil M7 58) with benomyl (Benlate WP 50), respectively, in preventing dasheen corm rot up to 4 weeks should be extended to the other countries in the region, subject to acceptable residue levels.

Since chemical and agronomic management of the disease is a short and medium term solution and further that the elite clones within this region have been identified, it is recognised that a programme of hybridization and selection for resistance would yield a lower cost and more lasting solution to the tannia root rot disease.

FUTURE WORK

This will be firstly directed to the extension agents and farmers through demonstration plots, field days, radio programmes and farmer bulletins. Clean stock of tannia and eddoes will be supplied to farmers via state propagation centres.

It is hoped that a Phase II of the present Project will be approved by a donor agency to make the full impact of the results felt on farms.

Increased attention is being placed on marketing and processing of the Aroids in the region.

The breeding and selection of improved cultivars are required to provide resistance to diseases and increase productivity over the longterm.

REFERENCES

- ADAMS H. and PATTANJALIDIAL (1983). An Overview of the Aroid Industry in the Eastern Caribbean Islands of Dominica, St. Lucia, St. Vincent and Grenada. Proc. of Conf -TARO & OTHER EDIBLE AROIDS FOR FOOD, FEED and FUEL, -CATIE, Costa Rica pp 35.
- BERNIAC M. (1974). Une maladie bactérienne de Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott. Annale Phytopathologie 6 (2) : 197-202.
- LAGUNA G.I., SALAZAR L.G. and LOPEZ J.F. (1983). Fungal and Bacterial Diseases of Aroids in Costa Rica. Technical Bulletin n°10, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1983 pp 30.
- FERGUSON T.U. (1981). Root crop production on Project Farms in Dominica. CARDI Consultant Report N°9, pp 15.
- GEORGES C., JAMES A., SEALY B. and PILGRIM R. (1981). Identification of Crop Production Constraints in St. Lucia. Cyclostyled Report based on USAID/CARDI Small Farm Multiple Cropping Systems Research pp 9.

USING LEAF DRY BIOMASS TO IMPROVE TARO
(*COLOCASIA ESCULENTA*) PRODUCTION SYSTEM

(Utilisation de la biomasse sèche de la feuille pour améliorer
le système de production du Taro (*Colocasia esculenta*))

SHIH S.F.

University of Florida, Gainesville
Florida, 32611 U.S.A.

O'HAIR S.K.

Tropical Agricultural Research and Education Center, Homestead
Florida 33031 U.S.A.

SNYDER G.H.

Everglades Research and Education Center, Belle Glade, Florida, 33430 USA

SUMMARY

Taro (*Colocasia esculenta*) leaf information was used to determine how evapotranspiration (ET) varied with growth stage and to predict foliage (i.e., lamina and petiole) dry biomass production. The ET study was conducted during 1981 and 1982, and the foliage study was conducted during 1982 and 1983. Both studies were conducted on a flooded Pahokee muck (*Lithio mediasaprist*) organic soil. Leaf area index (LAI) increased gradually from April to July, rapidly from July to September and remained relatively constant thereafter. Taro ET was strongly dependent upon the plant growth stage, specifically the LAI. Taro ET was estimated from the available standard pan evaporation (SPE), and the ET/SPE ratio. The ET/SPE ratio was closely related to LAI, being between 0.9 and 1.0 when LAI was less than 1.0 and between 0.73 and 0.75 when LAI was greater than 1.0.

Foliage harvests to two to four month intervals were better for sustained maximum production than monthly harvests. Leaf lamina constituted an increasingly greater proportion of the total foliage as harvest interval increased. Harvesting economics may dictate that the longer harvest interval (3 or 4 months) is preferable.

RESUME

Une information sur la feuille de taro (*Colocasia esculenta*) a été utilisée pour déterminer comment l'évapotranspiration (ET) varie avec le stade de croissance pour prédire la production de biomasse sèche (limbe et pétiole). L'étude de ET a été conduite en 1981 et 1982, et celle du feuillage en 1982 et 1983. Les deux études ont été conduites sur sol submergé riche en matière organique. L'index de surface foliaire (LAI) s'accroît progressivement d'avril à juillet, rapidement de juillet

à septembre et demeure relativement stable après. ET dépend étroitement du stade de croissance du taro, particulièrement le LAI. ET a été estimé à partir du bac standard d'évaporation (SPE) et du rapport ET/SPE. Ce rapport était très lié au LAI, avec 0,9 et 1,0 pour un LAI inférieur à 1,3 et 0,73 et 0,75 pour LAI supérieur à 1,3.

La récolte du feuillage à intervalles de deux à quatre mois convenait davantage à une production soutenue que la récolte mensuelle. La proportion de limbe foliaire s'accroissait dans le total du feuillage avec la réduction de l'intervalle de récolte. L'intervalle de 3-4 mois pourrait le mieux répondre aux données économiques de la récolte.

INTRODUCTION

Wetlands are common features of humid regions covering over 230 million hectares world wide (Angle and Wolseley, 1982). Generally these sites are among the last to be cultivated in a region, even though their potential for crop production often is recognized. In almost all cases drainage is the first step in developing wetlands for agricultural use. However many now recognize that wetlands play a useful and important role in the environment. They are sites for water storage, aquifer recharge, water purification, and provide habitat for many types of wildlife (BROWDER et al., 1975). Permanent drainage largely eradicates the beneficial aspects of wetlands. In most cases drainage requires very large capital outlays at the outset, and high operating expense for maintenance of the system and fuel charges for pumping.

Utilization of flood-tolerant crop plants would allow production on wetland sites without imposing continuous drainage. The ideal crop would be one that can tolerate flooding, but that does not absolutely require it. This would be particularly useful in a region like the Florida Everglades, which has fairly distinct wet and dry seasons. Taro (*Colocasia esculenta*) is a wetland crop cultivated in many tropical and subtropical areas of the world where it is particularly important as a staple food (CHAPMAN, 1964 ; F.A.O., 1974). Taro foliage can be utilized for silage (STEINKE et al., 1982) and the entire plant can be utilized for biomass conversion into various energy forms. In most locations, taro has a number of advantages as a biofuel relative to other aquatic crops such as rice (*Oryza sativa*). Taro has fewer pest problems, total biomass production probably is greater, and much of this in the form of easily convertible materials. Several drawbacks to taro include an 8 to 10 month minimal growing season, the necessity for vegetative propagation, and the paucity of production information.

Leaf area index (LAI) is often used as an indicator of plant growth and for evaluating assimilation and transpiration rates in plant physiological studies. This parameter is frequently used to study dry biomass production (AASE, 1978 ; ASHLEY et al., 1965 ; CHAPMAN, 1964 ; EZUMAH, 1972 ;

HODGES and KANEMASU, 1977 ; PEARCE et al., 1965 ; REDDY et al., 1968 ; RHOADS and BLOODWORTH, 1964 ; SHIH and GASCHO, 1980 ; SHIH et al., 1981 ; SHIH and SNYDER, 1984a ; and ZURST, 1974), and has also been used to study evapotranspiration (SHIH and RAHI, 1983 ; and SHIH and SNYDER, 1984b, 1985). Furthermore, the prediction of biomass production is important for scheduling harvest and conversion operations. The objectives of this study were two-fold : (1) to illustrate how taro evapotranspiration (ET) varies with LAI changes ; and (2) to study foliage biomass production as related to the harvest intervals and leaf dry biomass.

MATERIALS AND METHODS

Evapotranspiration Experiment

Two-year (1981-1982) lysimeter investigations were conducted to study taro ET in relation to pan evaporation and LAI. The lysimeters were placed in a Pahokee muck (*Lithic mediasaprist*) flooded field. The field was located in the interior of the Everglades Agricultural production. The lysimeters consisted of metal drums 57 cm in diameter and 46 cm deep that were buried about 25 cm into the ground. The drums were filled with Pahokee muck to about 18 cm below the rim. The bulk density of the soil was about 0.25 to 0.30 g cm⁻³.

In 1981, four lysimeters were installed within a plot (5 m x 5 m, 10 rows of 10 plants in each row). The plot was surrounded by a one-tenth hectare of the flooded taro plants. In 1982, eight lysimeters were installed within the same plot as used in 1981.

The standard Class A national Weather Service Evaporation Pan located at the University of Florida's Everglades Research and Education Center (EREC) at Belle Glade was used to measure the standard pan evaporation (SPE). The weather station, about 1.2 km from the lysimeter site, was grassed with St. Augustinegrass (*Stenothaphrum secundatum*).

Two crops of taro were raised. The 1981 and 1982 crops were designated as first and second crops, respectively. A popular Hawaiian clone called 'Lehua maoli' was planted in the lysimeters and surrounding plot on March 1, 1981, and March 15, 1982 for the first and second crops, respectively. One cutting, consisting of the upper 1 cm or so of the corm or cormels with 20 to 25 cm of the petiole attached (PLUCKNETT and DE LA PENA, 1971), was planted in each lysimeter. The surrounding plants were planted at a spacing of 50 cm between plants.

The amount of water supplied to the taro plant was separated into two periods ; 1) the establishment period and 2) the flooding period in accordance with the flooding after

transplanting. The establishment period includes the time when small quantities of water were added for inducing establishment. The establishment periods were from the second crop. During this establishment period, the plants were irrigated four times for the first crop and three times for the second crop. The amount of water applied each time was 7 mm, or 28 mm and 21 mm for the first and second crops, respectively. The flooding periods were from 3 April, 1981 to 14 January, 1982 for the first crop and from 2 April, 1982 to 10 February, 1983 for the second crop. Taro, both in the lysimeters and field, was maintained at a water depth of 8-10 cm. The water level within the lysimeter was manually maintained and the amount of water added or removed was recorded. The water level within the surrounding taro field was controlled by an inflow system for pumping the water from a canal into the field and also controlled by an outflow gate for releasing the excess water above the 10 cm depth. The first and second crops were harvested on 15 January, 1982, 320 days after planting (DAP), and 11 February, 1983, (333 DAP), respectively.

Evapotranspirations from lysimeters were monitored by measuring changes in the water level at 8:00 a.m. twice a week (Tuesday and Friday). The standard pan evaporation data were obtained daily at 8:00 a.m. in the EREC Weather Station. Weekly data were calculated on a Friday through Thursday week basis. The ET from each lysimeter unit was determined based on the water budget method.

The leaf area index was estimated by multiplying the average leaf area per leaf by the total number of leaves per unit area. According to the study reported by SHIH and SNYDER (1984a), the leaf are (hereafter, the leaf area refers to the area of the lamina) of taro can be determined from the leaf dry biomass, i.e.

$$LA = 223 LDB \quad (r^2 = 0.91) \quad (2)$$

where LA = leaf area, cm^2 ; and

LDB = leaf dry biomass, gram.

Thus, the leaf area index of taro can be determined from the leaf dry biomass and the leaf number.

Unfortunately, the leaf dry biomass estimation is a destructive sampling procedure. In order to maintain an undestructive growth condition within the plot, leaf samples used to determine the variation in leaf dry biomass and leaf number over time were taken from the surrounding field. For the 1981 crop, six plants were randomly selected during the first week of each month from April, 1981 through January, 1982. In the 1982 crop, during the middle of the months of May, July, September, November, 1982, and January, 1983, six plants were randomly selected. In both years sampling, the

six sample plants were always surrounded by other plants, the leaves of each plant were counted, and the leaf dry biomass was determined after drying at 70°C.

Foliage Biomass Experiment

Foliage from an established stand of *C. esculenta* var. 'aquatilis' (a stoloniferous type) growing in flooded Pahokee muck was harvested on 1, 2, 3, and 4-month intervals beginning March, 1983. There were two treatment, with and without fertilizer application, with three replications utilizing plots 1.5 meter square. The experiment was repeated in 1984 using separate plots in the same established stand. However, this time it was limited to the fertilizer treatment with four replications. Foliage from the center 1m² of each plot was separated into leaf lamina and petioles for fresh and dry biomass determination. The foliage was harvested as close to the 15th day of the month as possible and dry biomass was determined following oven drying at 70°C. Fertilization in 1983 (kg ha⁻¹) was P-52 and K-162 in May, and N-100 and K-100 in August. In 1984 fertilization was P-100 and K-100 in May, and N-100 and K-100 in July.

A linear regression model was proposed in this study to analyse the relationship of the petiole dry biomass (PDB) and foliage dry biomass (FDB) to the leaf dry biomass (LDB). The model is

For petiole dry biomass

$$PDB = a_0 + a_1 LDB \quad (1)$$

For foliage dry biomass

$$FDB = b_0 + b_1 LDB \quad (2)$$

where a_0 , a_1 , b_0 , b_1 are coefficient which were estimated from experimental data by using regression analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

Evapotranspiration Varied With Leaf Area Index

The average daily ET and SPE in a given week (ADW) were compiled. The variation in ADW values with time are also plotted in Fig. 1 and 2 for the 1981 and 1982 crops, respectively. Several features can be drawn from these figures.

ET and SPE values were closer before August than during the rest of the growth season. It was also prior to August that the LAI was less than 1.0 as the leaf canopy was developing. Since the taro had not formed a full canopy before August, evaporation from the water surface under the taro canopy was similar to open pan evaporation without shading.

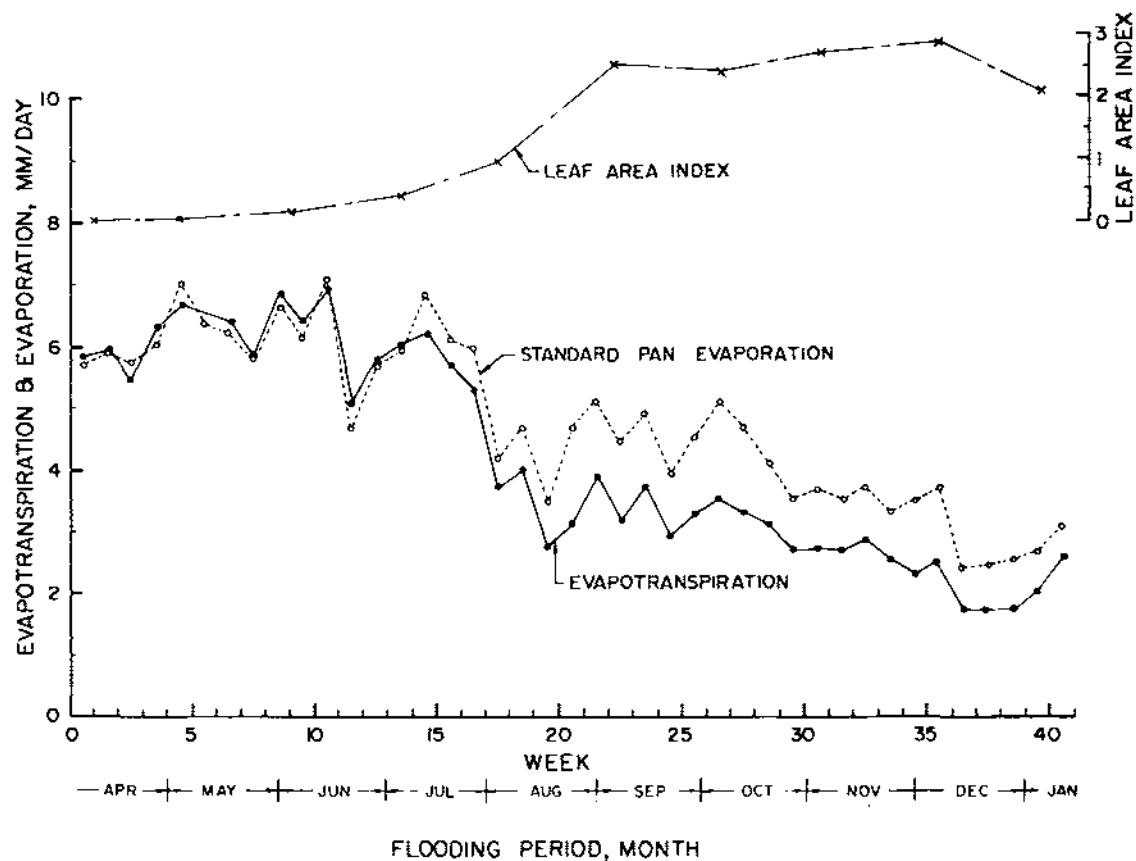


Fig. 1. Average daily evapotranspiration and standard pan evaporation in each week, and monthly leaf area index as related to time for 1981 taro crop.

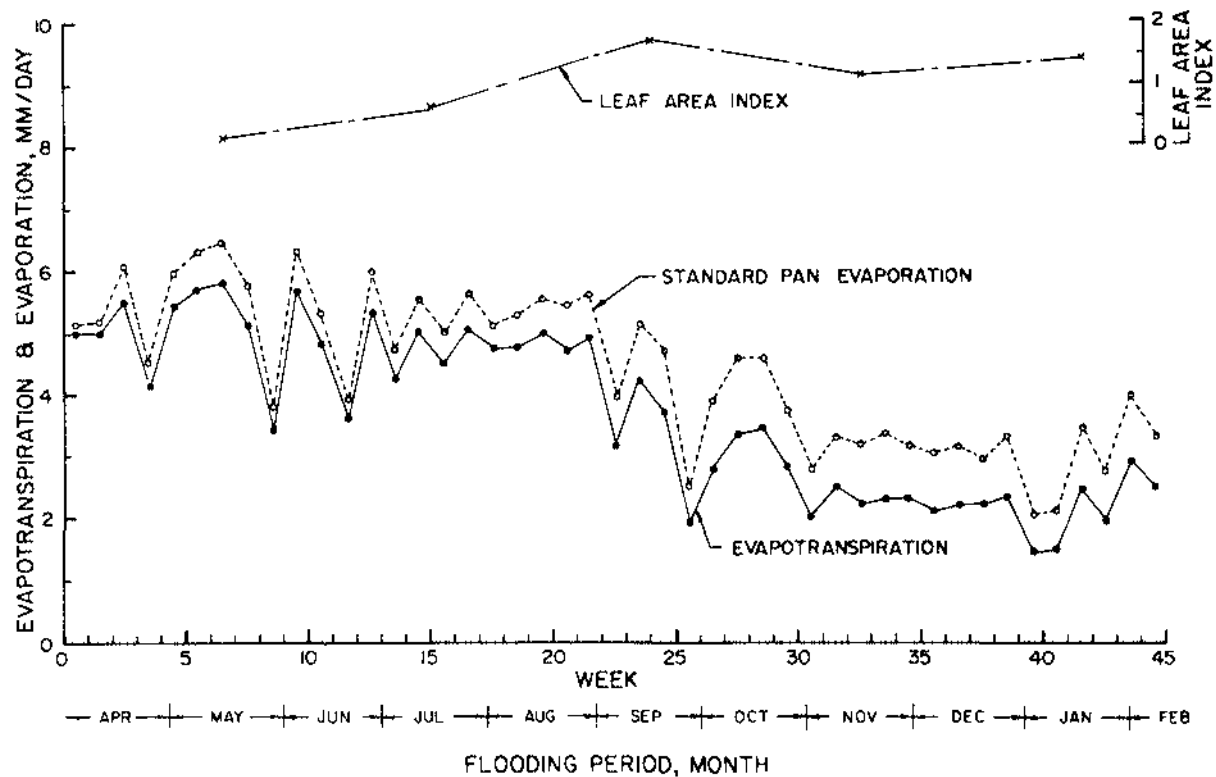


Fig. 2. Average daily evapotranspiration and standard pan evaporation in each week, and monthly leaf area index as related to time for 1982 taro crop.

Several factors may be accounted for the decrease in ET, relative to SPE, that was observed during August in both years. Full canopy closure probably reduced evaporation from the water surface below the taro canopy.

Monthly ET and SPE data for the flooding period were compiled. The average daily ET and SPE in a given month (ADM), standard deviation of ET in a given month (SDM), and the ratio between ET and SPE in a given month (ESM) were computed. The results of ADM, SDM, ESM, and LAI for the 1981 and 1982 crops are plotted in Figs 3 and 4. First both ET and SPE decreases with time as the seasonal weather changed from July in 1981 and August in 1982 to the end of growth season. Second, LAI increased gradually from April to July (insignificant canopy stage), rapidly from July to September (developing canopy), and remained relatively constant near 2.5 in the 1981 crop and 1.5 in the 1982 crop from September to the end of growth season (full canopy). The ratio of ET to SPE followed these LAI changes very closely, since they were near 1.0 in the 1981 crop and 0.9 in the 1982 crop from April to July, and then dropped abruptly from July to September, and remained near 0.75 in the 1981 crop and 0.73 in the 1982 crop from September to the end of growth season.

It needs to be noted that the ratio between ET and SPE in the 1981 crop was slightly higher than that in the 1982 crop, particularly at the early stage of growth (i.e. $LAI < 1$). This could have been due to weather differences which may affect microclimate conditions. For instance, the incoming solar radiation at the EREC Weather Station during the months of April, May, June, and July in 1981 was about 10 per cent (i.e., 5400 cal cm^{-2}) higher than that in 1982.

The data in Figs. 3 and 4 show that ET of a taro crop system is both strongly dependent upon climate conditions and upon stage of plant growth, specifically LAI. The crop LAI effects are superimposed upon the seasonal weather effects. The seasonal weather effects would be similar for other crops, and not unique for taro.

Unlike non-flooded crops, ET was reduced being more affected by shading as the crop canopy developed more than by the additional leaf area, which increase ET.

Foliage Production Related To harvest Interval

The results of the relationship between petiole dry biomass and lamina dry biomass as presented in Equation (1) are shown in Table 1. Several important features can be observed from Table 1. First, the correlation coefficients were all greater than 0.78 except for the 4-month harvest interval in the unfertilized treatment which was only 0.67. Second, the intercept terms, a_0 , in the fertilized treatment for both years were inversely related to the harvest interval

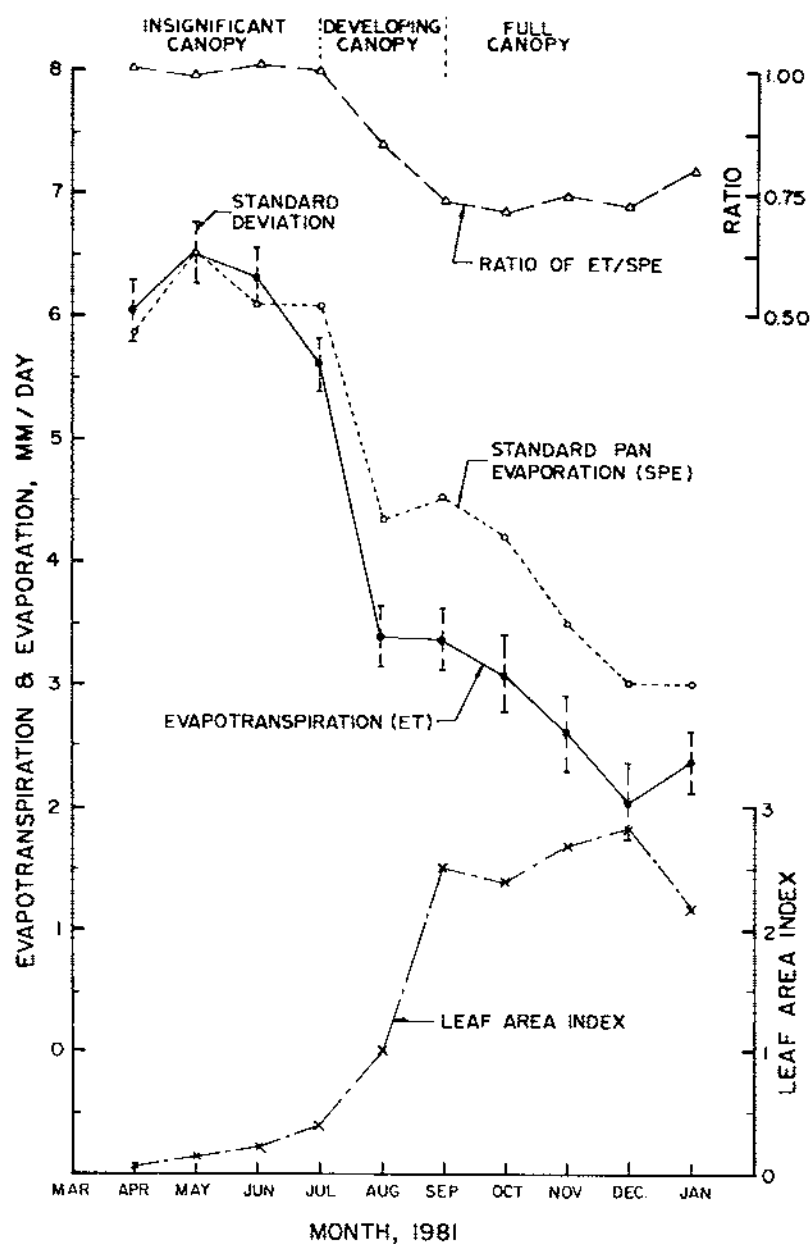


Fig. 3. Evapotranspiration (ET), standard pan evaporation (SPE), and ET/SPE ratio as related to the leaf area index for 1981 taro crop.

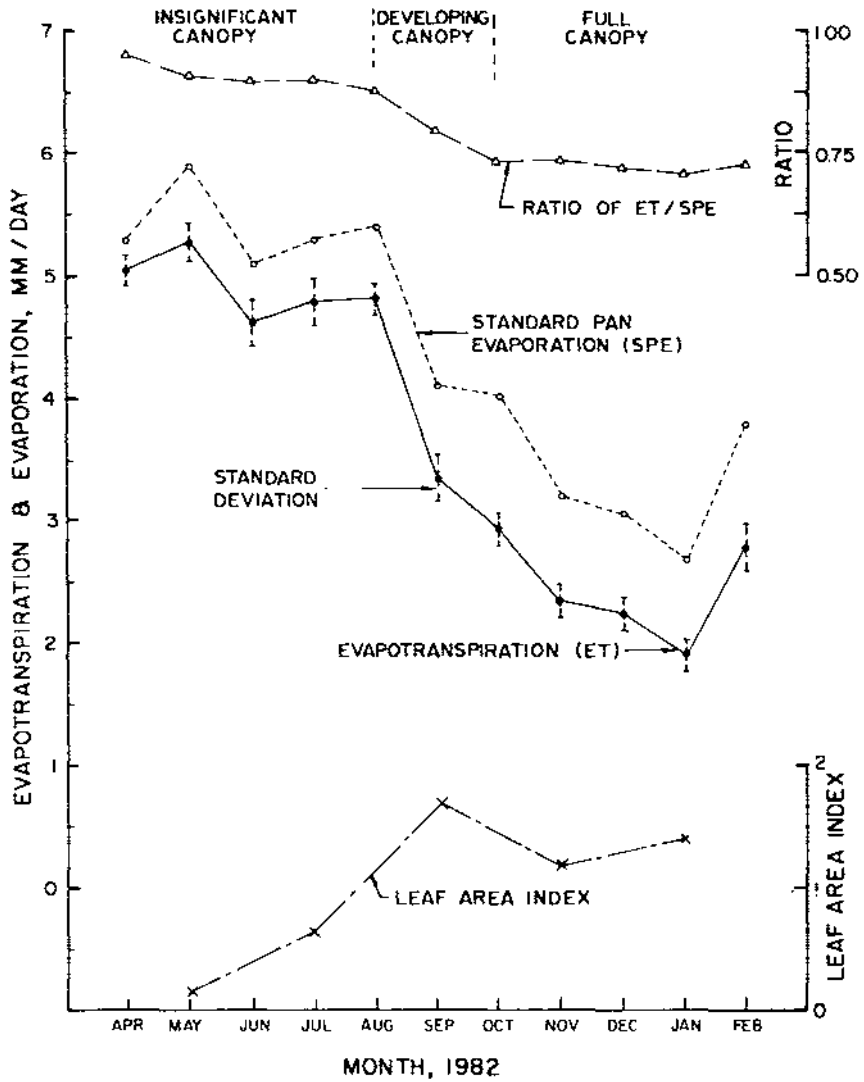


Fig. 4. Evapotranspiration (ET), standard pan evaporation (SPE), and ET/SPE ratio as related to the leaf area index for 1982 taro crop.

TABLE 1 : Statistical coefficients of the regression
analysis between lamina and petiole dry biomass

Harvest interval	1983 crop						1984 crop		
	unfertilized			fertilized			fertilized		
	treatment			treatment			treatment		
	a ₀	a ₁	r	a ₀	a ₁	r	a ₀	a ₁	r
--month--									
1	-0.16	1.16	0.78	-19.97	1.63	0.89	-1.90	1.47	0.96
2	-141.55	2.83	0.86	-36.27	1.95	0.78	-75.42	3.03	0.94
3	-120.88	3.00	0.97	-51.47	2.60	0.96	-272.76	4.40	0.88
4	66.98	0.97	0.67	-216.15	3.35	0.98	-549.22	5.20	0.91

TABLE 2 : Statistical coefficients of the regression analysis
between lamina and foliage dry biomass

Harvest interval	1983 crop						1984 crop		
	unfertilized			fertilized			fertilized		
	treatment			treatment			treatment		
	b ₀	b ₁	r	b ₀	b ₁	r	b ₀	b ₁	r
--month--									
1	-0.16	2.16	0.92	-19.97	2.63	0.95	-1.90	2.47	0.98
2	-141.55	3.83	0.92	-36.27	2.95	0.86	-75.42	4.03	0.97
3	-120.88	4.00	0.98	-51.47	3.60	0.98	-272.76	5.40	0.92
4	66.98	1.97	0.88	-216.15	4.35	0.99	-549.22	6.20	0.93

increase, but not in the unfertilized treatment. The negative sign of a_0 implies that the lamina must reach to a certain size before the petiole is visible. Third, the slope term a_0 , in the fertilized treatment for both years was directly related to the harvest interval increase. In other words, there is more lamina in proportion to petiole as harvest interval is increased. These three features imply that not only can the petiole dry biomass be predicted based on the lamina dry biomass, but also the lamina dry biomass of the fertilized treatment can be used to predict the petiole dry biomass as related to the increase in harvest interval. The fertilized plot data had more consistent statistical characteristics than the data gathered from the unfertilized treatment. Thus, a further study is needed to test those treatment differences.

The results of the relationship between foliage dry biomass and lamina dry biomass as given in Equation (2) are shown in Table 2. The correlation coefficients were all greater than 0.85. This implies that the foliage dry biomass can be predicted utilizing measurements of the lamina dry biomass. The intercept term, b_0 , and slope term, b_1 , in the fertilized treatment had a similar trend in relationship with the harvest interval increase as was observed when the lamina and petiole dry biomass were compared in the a_0 , and a_1 , in Table 1, i.e., the b_0 was inversely related to the harvest interval increase, and the b_1 was directly related. This implies that using the lamina dry biomass data of the fertilized treatment to predict the foliage dry biomass production as related to the harvest interval increase had more consistent statistical characteristics than that using the data gathered from the unfertilized treatment. Thus, a further study is needed to test those differences between the two treatments.

The results of the number of leaf, dry biomass of lamina petiole, and foliage for 1983 crop and 1984 crop are shown in Tables 3 and 4, respectively. The leaf numbers were not only significantly different among the four harvest intervals but also inversely related to the harvest interval increase, with the exception that there was no difference between the 2-month and the 3-month intervals in the 1984 crop. This implies that the shorter harvest interval resulted in a smaller leaf size, since the foliage biomass was not directly related to the harvest interval increase. The foliage dry biomass using the 3-month harvest interval was consistently greater than other harvest intervals in both years. With monthly harvests there was a severe reduction in plant vigor. This is shown by the general reduction in yield observed for each successive monthly harvest. Although part of this reduction, no doubt, was caused by the shorter day length and cooler temperatures that occurred by the end of the growing period.

TABLEAU 3 : Number of leaf, dry biomass of lamina and petiole differences among four harvest intervals for 1983 crops

Harvest interval	Rep.	Unfertilized treatment				Fertilized treatment			
		Leaf	Dry Biomass		Foliage	Leaf	Dry Biomass		Foliage
		NO	Lamina	Petiole		NO	Lamina	Petiole	
--month--		-----g/m ² -----				-----g/m ² -----			
1	1	1643	391	449	840	1770	451	520	971
	2	1429	362	579	941	1888	486	614	1100
	3	2008	549	478	1027	1843	502	666	1168
	Avg.	1693a*	434a	502b	936b	1834a	480a	720a	1080a
2	1	1131	497	833	1330	864	386	630	1016
	2	1022	507	884	1391	793	408	582	990
	3	912	430	593	1023	770	398	673	1071
	Avg.	1022b	478a	770a	1248a	809b	397b	628a	1057a
3	1	719	377	729	1106	669	356	732	1088
	2	586	435	933	1368	616	350	835	1185
	3	739	424	956	1380	520	303	594	897
	Avg.	680c	412c	873a	1285a	602c	336c	600a	1026ab
4	1	400	314	396	710	385	289	538	827
	2	435	355	456	811	321	287	505	792
	3	411	244	438	682	423	313	640	953
	Avg.	415d	304d	430b	734b	376d	296c	561a	857b

* Values within a column followed by the same letter are not different ($p < 0.05$) by duncan's Multiple Range Test.

TABLEAU 4 : Number of leaf, dry biomass of lamina and petiole differences among four harvest intervals for 1984 crop

Harvest interval	Rep	Leaf No	Lamina	Dry Biomass Petiole	Foliage
-----gm ² -----					
1	1	1973	469	677	1146
	2	2158	457	628	1085
	3	2309	602	864	1467
	4	2263	599	910	1509
	Avg.	2176a*	532a	770c	1302c
2	1	999	464	1104	1569
	2	1116	425	949	1374
	3	1141	544	1347	1892
	4	954	495	1226	1721
	Avg.	1053b	501a	1157b	1639b
3	1	898	557	1490	2047
	2	988	517	1348	1866
	3	825	396	1205	1601
	4	884	509	1385	1894
	Avg.	899b	495a	1357ab	1852ab
4	1	488	533	1678	2211
	2	658	488	1286	1773
	3	524	498	1633	2132
	4	434	485	1430	1914
	Avg.	526c	482a	1507a	2007a

* Values within a column followed by the same letter are not different ($p < 0.05$) by Duncan's Multiple Range Test.

Practical Applications

Two practical implementations of this study can be mentioned as follows. First, taro growers or water managers can estimate the taro ET requirement for irrigation scheduling or for water resources planning and management in accordance with available SPE data, and the ET/SPE ratio. The ET/SPE ratio is dependent upon the LAI condition (i.e. stage of canopy closure). According to the results drawn in this study, a ratio between 0.9 and 1.0 is appropriate when leaf area index is less than 1.0 (i.e., before canopy closure), and is between 0.73 and 0.75 when leaf area index is greater than 1.0 (i.e., after canopy closure). Second, in terms of total foliage yield during a growing season, there appears to be little difference among harvest intervals of 2-months or more. Therefore, the choice may center more on the economics of harvesting or the need for a steady supply of biomass feedstock. Harvesting economics may dictate that the longer harvest interval (3 or 4 months) is preferable, since a similar amount of biomass can be obtained with fewer harvests.

ACKNOWLEDGMENT

A grant from the Gas research Institute, administered by the Center for Biomass Energy System, IFAS, University of Florida, in partial support of this study is gratefully acknowledged.

LITERATURE CITED

- ASAE J.K., 1978.- Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. *Agron. J.* 70:563-565.
- ANGEL H. and P. WOLSELEY, 1982.- The water naturalist. In *Facts and File, Inc.*, New York. p. 54.
- ASHLEY D.A., B.D. DOSS and O.L. BENNET., 1965.- Relation of cotton leaf area index to plant growth and fruiting. *Agron. J.* 57:61-64.
- BROWDER J., C. LITTLEJOHN and D. YOUNG., 1975.- The South Florida study. University of Florida Center for Wetland, Gainesville, FL 32611.
- CHAPMAN T., 1964.- A note on the measurement of leaf area of the tannia (*Xanthosoma sagittifolium*). *Tropical Agriculture (Trinidad)* 41:351-352.
- EZUMAH H.C., 1972.- The growth and development of taro, *Colocasia esculenta* (L) Schott, in relation to selected cultural management practices. Ph.D. Dissertation, University of Hawaii, Honolulu, 197 pp.

- F.A.O. (Food and Agricultural Organization of the United Nations), 1974.- Production Yearbook, Vol. 28.
- HODGES T. and E.T. KANEMASU, 1977. Modeling dry matter production of winter wheat. Agron. J. 69:974-978.
- PEARCE R.B., R.H. BROWN and R.E. BLASER, 1965. Relationship between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. Crop Sci. 5:553-556.
- PLUCKNETT D.L. and R.S. DE LA PENA, 1971.- Taro production in Hawaii. World Crops 23(5):244-249.
- REDDY V.B., W.F. MEREDITH and B.T. BROWN, 1968.- A note on the relationship between corm yield and certain leaf measurements in taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott). Tropical Agriculture (Trinidad) 45:243-245.
- RHOADS F.M. and M.E. BLOODWORTH, 1964.- Area measurement of cotton leaves by a dry weight method. Agron. J. 56 : 520-522.
- SHIH S.F. and G.J. GASCHO, 1980.- Relationship among stalk length, leaf area, and dry biomass of sugarcane. Agron. J. 72:309-313.
- SHIH S.F., G.J. GASCHO and G.S. RAHI, 1981.- Modeling biomass production of sweet sorghum, Agron. J., Vol. 73 : 1027-1032.
- SHIH S.F. and G.S. RAHI, 1983.- Pan evaporation as related to the sugarcane leaf area index. Soil and crop Science Society of Florida Proceedings 42:80-85.
- SHIH S.F. and G.H. SNYDER, 1984a.- Leaf area index and dry biomass of taro. Agronomy J. 76 : 750-753.
- SHIH S.F. and G.H. SNYDER, 1984b.- Evapotranspiration and water use efficiency of taro. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 27(6) : 1745-1748.
- SHIH S.F. and G.H. SNYDER, 1985.- Leaf area index and evapotranspiration of taro. Agronomy J. 77 (in press).
- STEINKE W.E., J.R. CARPENTER, J.K. WANG and R.S. DE LA PENA, 1982.- Taro silage -a new feed for the humid tropics. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 25 (4):1034-1036, 1040.
- ZRUST J., E. PARTYKOVA and J. NECAS, 1974.- Relationships of leaf area to weight and length in potato plants. Photosynthetica (Prague) 8:118-124.

LE POINT SUR LE GENRE *XANTHOSOMA* (MACABO): SYSTEMATIQUE BOTANIQUE ET ETHNOBOTANIQUE

Genus *Xanthosoma*: Up-date Knowledge about Taxonomy
Botany and Ethnobotany

S. NZIETCHUENG

Institut de la Recherche Agronomique,
B.P. 44 Dschang, CAMEROUN

RESUME

La taxonomie des espèces cultivées et sauvages du genre *Xanthosoma* est sujette à beaucoup de controverses. Nous avons rassemblé les informations disponibles sur ce point.

Plusieurs espèces sont cultivées pour leurs tubercules et leurs feuilles; les principales formes d'utilisation sont rapportées.

Xanthosoma est une monocotylédone herbacée, de grande taille (1 à 2 m). La partie souterraine comprend un tubercule-mère, des tubercules-fils et des racines. La partie aérienne est composée des feuilles entières emboîtées les unes dans les autres; des inflorescences portant de bas en haut des fleurs femelles fertiles, des fleurs femelles stériles et des fleurs mâles fertiles.

La floraison dans les conditions naturelles est rare. L'utilisation d'un régulateur de croissance (acide gibbéréllique) permet d'induire expérimentalement la différenciation florale chez cette espèce et d'obtenir par hybridation des semences.

SUMMARY

Taxonomy of wild and cultivated species of *Xanthosoma* is in a confuse state. We have gathered informations on this point.

Many species are cultivated for their corms, cormels, and leaves; main forms of utilization are reported. *Xanthosoma* is an herbaceous plant with 1 to 2 m height. The underground part is formed by corm, cormels and root; the above ground part consisting of leaves fit together and inflorescences consisting of densely packed flowers forming the spadix.

Xanthosoma produces flowers only sporadically. Conditions favoring the natural flowering are not well known. The use of gibberellic acid promotes successful flowering and it is possible to obtain true seeds with artificial hybridization

INTRODUCTION

Colocasia (Taro) et *Xanthosoma* (macabo) sont les deux principaux genres de la famille des Aracées, largement cultivés dans les zones tropicales et subtropicales. Les tubercules de *Xanthosoma* constituent l'aliment de base pour une grande partie des populations latino-américaine, antillaise et africaine (COURSEY et HAYNES 1970, LYONGA 1979, ADAMS et PATTANJALIDIAL 1983, NZIETCHUENG 1984). D'après COURSEY (com. pers. 1983) *Xanthosoma* est moins étudié que *Colocasia*.

Notre étude se propose de rapporter l'essentiel des connaissances relatives à la taxonomie, l'ethnobotanique et la botanique de *Xanthosoma* complétées par les résultats des travaux récents que nous avons effectués sur cette plante au Cameroun.

I. GENRE XANTHOSOMA: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR L'ETHNOBOTANIQUE ET LA TAXONOMIE DES ESPECES CULTIVEES ET SAUVAGES

1.1. Origine du genre *Xanthosoma*

Xanthosoma est une plante herbacée, monocotylédone de grande taille (1 à 2 m), à feuilles entières, emboîtées les unes dans les autres. Il est originaire de l'Amérique tropicale et sa culture date des temps précolombiens (STEHLE 1949, PURSGLOVE 1972, PLUCHNETT 1976).

Sa culture est très importante dans les îles Caraïbes. Il fut introduit en Afrique de l'Ouest vers les années 1840, probablement par les missionnaires Indiens (DOKU 1980). De là il s'est répandu dans les autres pays du Golfe de Guinée. Le macabo est aussi cultivé en Océanie et en Asie du Sud-Est, (MASSAL et BARRAU 1956). sa culture, comme celle du *Colocasia* est pantropicale mais le macabo reste supérieur à ce dernier de par son rendement et son goût. le macabo est beaucoup plus cultivé en Afrique de l'Ouest.

1.2. Quelques données sur l'ethnobotanique du genre *Xanthosoma* en Amérique tropicale et Afrique Occidentale

Les espèces cultivées de *Xanthosoma* le sont pour leurs tubercules et leurs feuilles. Elles sont connues sous divers noms en Amérique tropicale et Afrique Occidentale (NZIETCHUENG 1985). Certains noms sont utilisés aussi bien pour désigner le *Xanthosoma* que le *Colocasia*. Comme aliment *Xanthosoma* est plus important dans les Caraïbes que dans les autres ré-

gions de l'Amérique tropicale. Il est de beaucoup le plus préféré en Afrique Occidentale.

1.2.1. Propriétés nutritionnelles

A Porto Rico *Xanthosoma* est la troisième culture par ordre d'importance (EDWARDS et CROPPER 1967). Il est classé en troisième position en Afrique Occidentale après le manioc *Manihot esculenta* et les ignames *Dioscorea* spp. (PLUCKNETT 1976). Les tubercules de macabo dans les pays de l'Amérique tropicale, où il est cultivé, se consomment sous différentes formes : bouillis, rôtis ou frits. Ils sont servis seuls, sous forme de ragoût ou combinés avec d'autres aliments. Dans la vallée Sibundoy en Colombie, les tubercules de *X. undipes* sont bouillis puis soumis à la fermentation en vue de fabriquer du *chicha* (PLOWMAN 1969). D'autres espèces sont traitées de la même façon en Equateur. Les tubercules sont parfois séchés et conservés ; ils servent à la fabrication du *Chuno* au Pérou (HERRERA 1942). Les tubercules de certaines espèces sauvages notamment *X. hellobonifolium* (Jacq.) Schott et *X. robustum* Schott sont consommés en période de disette (PLOWMAN 1969). *Xanthosoma brasiliense* est cultivé uniquement pour ses feuilles utilisées comme ingrédient dans les sauces. Au Surinam, les feuilles de macabo viennent en première position parmi les feuilles consommées comme légume vert (MORTON 1972). En Afrique de l'Ouest, les tubercules de *Xanthosoma* sont consommés sous diverses formes. Les jeunes feuilles sont bouillies et consommées comme légumes (KARIKARI 1974, KNIPSCHER et WILSON 1980). Les feuilles de *X. brasiliense* contiennent de la thiamine en faible quantité (LIND et al. 1946, BASU et MALAKAR 1946), de la riboflavine et de la niacine (COBLEY et STEELE 1976, UMOH et BASSIR 1977).

D'après COURSEY (1968) la composition chimique approximative des tubercules des colocasioidées *Colocasia* et *Xanthosoma* est la suivante (tableau 1). Comme la plupart des plantes à tubercules et à racines amylacées tropicales, les tubercules de *Xanthosoma* contiennent une faible quantité de protéine (1,0 à 5,0 % de la matière sèche); ils sont déficients en acides aminés sulfurés (WALTER et al. 1973, SPLITTSTOESSER et al. 1975) mais contiennent de fortes teneurs en éléments minéraux et vitamines. MORTON (1972) dans les îles Hawaïi rapporte que *Xanthosoma brasiliense* constitue une source importante de carotène, d'acide ascorbique et de thiamine. Les jeunes feuilles ont une teneur plus élevée en protéine (2,2 - 4,1%) que les tubercules.

1.2.2. Propriétés médicinales

Les décoctions de feuilles de *Xanthosoma robustum* bouillies sont données aux femmes allaitantes en vue de stimuler la montée de lait (STANDLEY et STEYERMARK 1958). La sève des inflorescences et des feuilles de *Xanthosoma auriculatum* Riegel est utilisée dans le traitement des blessures et des maladies de la peau (PLOWMAN 1969).

Xanthosoma atrovirens contient la sapotoxine "tannia-

	Eaux % de la matière fraîche	Hydrates de carbone % (1)	Protéines % (1)	Lipides % (1)	Fibres % (1)	Cendres % (1)
<u>Xanthosoma</u> sp.	70 - 77	17 - 26	1,3 - 3,7	0,2 - 0,41	0,6 - 1,92	0,6 - 1,25
<u>Colocasia</u> sp.	63 - 85	13 - 29	1,4 - 3,0	0,16 - 0,36	0,6 - 1,18	0,6 - 1,3

Tableau 1. Composition chimique approximative des tubercules des Colocasioidées (Xanthosoma et Colocasia) ;
(1) en % de la matière sèche (COURSEY 1968).

toxin", une substance qui à très faible dose hémolyse le sang et convertit l'hémoglobine libérée en hématoporphyrine (CLARK et WATERS 1934). En équateur la farine des tubercules de certains cultivars mélangée avec l'alcool et le menthol est utilisée dans la lutte contre les oreillons (PLOWMAN 1969). Les pétioles de *X. pentaphyllum* (Vell) (Engl.) sont utilisés dans la lutte contre la gonorrhée (PLOWMAN 1969). Au Panama, les feuilles de *X. Helleborifolium* sont cuites associées à d'autres plantes ; la décoction obtenue est utilisée comme remède dans le traitement des morsures de serpents (ALTSCHUL 1973). Au Guatemala on admet que les fruits de *X. Mexicamum* Liebm. constituent un poison pour les serpents (STANDLEY et STEYERMARK 1958).

Les habitants des Caraïbes additionnent des extraits de *Xanthosoma* à la tisane utilisée dans la lutte contre la diarrhée et les coups de froid (HODGE et TAYLOR 1957). La sève de *X. undipes* provoque des démangeaisons de la peau. Plusieurs espèces de *Xanthosoma* sont utilisées à des fins magiques et ensorcelantes en République Dominicaine (HODGE et TAYLOR 1957).

1.3. Taxonomie des espèces cultivées et sauvages du genre *Xanthosoma*

Environ 45-50 espèces de *Xanthosoma* toutes originaires des régions tropicales ont été décrites. ENGLER (1920) divise le genre *Xanthosoma* en deux sections :

- Section des *Xanthosoma* : elle est caractérisée par une échancrure à la pointe du stigmate nervures secondaires parallèles qui se rejoignent au bord du limbe pour former une nervation marginale continue.

- Section des *Acontias* : l'apex du stigmate est sphérique ; les nervures latérales du limbe se rejoignent en formant une nervation irrégulière assez loin des bords. Des dix huit espèces classées sous cette section par ENGLER seul *Xanthosoma brasiliense* (Def. Engl.) est domestiqué.

La section des *Xanthosoma* est divisé en deux groupes le premier regroupe les espèces avec une tige aérienne bien développée ; le deuxième groupe réunit les espèces ayant une tige souterraine rhizomateuse.

ENGLER (1920) avait décrit six espèces avec une tige aérienne parmi lesquelles quatre sont des espèces sauvages ; deux sont domestiquées pour leur tige et leurs tubercules comestibles. Ce sont : *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott et *X. undipes* (Koch) KOCH = (*X. Jacquinii* Schott). Elles sont probablement des espèces affines.

Parmi les espèces qui ne forment pas de tige aérienne on compte : *Xanthosoma atrovirens* KOCH et BOUCHE ; *Xanthosoma belophyllum* KUNTH ; *Xanthosoma caracu* KOCH et BOUCHE ; *Xanthosoma mafaffa* SCHOTT et *Xanthosoma violaceum* SCHOTT. Les caractères distinctifs pour les espèces ci-dessus énumérées sont résumés

Espèces	Caractères Particuliers	Tige	Pétiole	Limbe	Nervures	Pédoncule
		. Longueur . épaisseur	. Longueur . épaisseur		. Nombre	Inflorescence . Longueur . épaisseur
X. <u>Sagittifolium</u>		supérieure à 1 m	environ 1 m vert	vert, lobe anté- rieur large et presque ovale	. 8	. 20 cm . 1 cm
X. <u>Jacquini</u>	spadice sessile; même longueur que la spathe	1 m environ 20 cm	. 60 à 80 cm	vert pâle	. 6 à 8 côté posté- rieures dé- nudées au sinus	. 10 cm . 1 cm
X. <u>Atrivirens</u>	rhizome et tubercule cylindrique à chair jaune		. 30 à 60 cm	vert sombre sur la face supé- rieure	. 4 à 6	. 10 à 15 cm . 1,5 à 2,5 cm
X. <u>Belophyllum</u>		épaisse, courte et souterraine	. 50 à 70 cm verdâtre	Opaque	. 6 à 10 côtés posté- rieures dénu- dées au sinus	. 15 cm . 2 cm
X. <u>Caracu</u>	rhizome cylindrique et ramifié inflores- cence inconnue		aplati sur la face supé- rieure	vert brillant	. 6 côtés posté- rieures briè- vement dénu- dées au sinus	
X. <u>Mafaffa</u>		courte	assez épais vert pâle	Opaque	. 5 à 6 côtés postérieures brièvement dé- nudées au sinus	. 30 à 40 cm . 1 à 1,5 cm
X. <u>Violaceum</u>	rhizome court		. 30 à 70 cm . 1 à 4 cm	pruiné vert		. 15 à 20 cm . 1,5 à 2 cm

Tableau 2 : Caractères distinctifs de certaines espèces de Xanthosoma (NZIFETCHUENG 1985).

dans le tableau 2. (NZIETCHUENG 1985).

Plusieurs variétés botaniques et horticoles sont reconnues au sein des espèces du genre *Xanthosoma* (BARRET 1910, ENGLER 1920; HAUDRICOURT 1941). PLUCHNETT en 1976 pense que ces taxa représentent probablement un seul groupe d'espèces polymorphiques. Toutefois des études morphologiques font penser qu'il y a plus d'une espèce dans ce genre. Il y aurait au moins trois espèces de *Xanthosoma* qui ont été domestiquées pour leurs tubercules comestibles et une *X. brasiliense* pour ses feuilles.

En 1983, THOMPSON et DEWET proposent la notion d'espèces complexes et suggèrent la création de trois complexes :

- Complexe *sagittifolium* (*X. sagittifolium*, *X. undipes*)
- Complexe *mafaffa* (*X. mafaffa*)
- Complexe *belophyllum* (*X. atrovirens*, *X. belophyllum*, *X. caracu* et *X. violaceum*).

Le complexe *sagittifolium* a une tige aérienne bien développée, un rhizome souterrain droit. Le complexe *mafaffa* a une tige aérienne courte; il se trouve essentiellement dans le bassin Amazonien du Pérou, Brésil et Bolivie. Vraisemblablement il est originaire de cette région. Les plantes du complexe *belophyllum* ont une tige épaisse, courte et souterraine; elles sont cultivées au Mexique, mais ont été probablement introduites en Amérique Centrale; les formes sauvages sont originaires du Nord de l'Amérique du Sud.

D'après THOMPSON et DEWET (1983) les noms de la plupart des espèces du genre *Xanthosoma* ne sont pas en concordance avec les règles de la nomenclature, ceci à cause des changements des noms des taxons cultivés. Ces auteurs suggèrent que la plante appelée *X. Jacquinii* Schott devrait être appelé *X. unipes* KOCH.

D'après NICOLSON (1975) le nom *X. Jacquinii* donné par Schott n'était pas correct jusqu'en 1856, période à laquelle l'espèce décrite par KOCH était la vraie. Le nom le plus vieux pour cette espèce est *X. unipes*. Il y a aussi des problèmes relatifs au nom de *X. nigrum* Schott. Plusieurs auteurs dont CROAT (1978), MORTON (1972), ont adopté *X. nigrum* (Vell.) Stehl. comme étant le vrai nom de ce taxon. L'épithète *nigrum* n'était probablement pas valable jusqu'en 1881 et ainsi *violaceum* peut être retenu pour cette espèce (THOMPSON et DEWET 1983).

Toujours d'après THOMPSON et DEWET (1983) *X. caracu* KOCH et BOUCHE est un nom difficile à utiliser avec assurance. En effet l'identification de cette espèce est uniquement fondée sur la description d'une jeune feuille issue d'une plante cultivée, d'origine inconnue.

En attendant des études complémentaires, le nom *X. Caracu* est maintenu. Toutefois certains botanistes émettent des réserves sur le maintien de ce nom. Une autre confusion porte sur les noms *X. atrovirens* Koch et Bouché et *X. sagittifolium* (L.) Schott. Le même échantillon de l'herbier est cité en référence dans la description des deux taxons. Etant donné que *X. atrovirens* est décrit comme n'ayant pas de tige aérienne contrairement au *X. sagittifolium* il s'agit probablement de deux espèces différentes.

La taxonomie des espèces cultivées et sauvages du genre *Xanthosoma* est sujette à beaucoup de controverses. Des études sont actuellement en cours sur cet aspect du problème (THOMPSON comm. personnelle novembre 1983).

II. CARACTERISTIQUES BOTANQUES DE *XANTHOSOMA SAGIT- TIFOLIUM* ET PRODUCTION CONTROLEE DES SEMENCES HYBRIDES

2.1. Caractéristiques botaniques

2.1.1. Partie souterraine

La partie souterraine de *Xanthosoma* est composée d'un tubercule-mère, de tubercules-fils et de racines.

. Tige (tubercule-mère et tubercules-fils)

D'après ENGLER (1920) *Xanthosoma sagittifolium* fait partie du groupe présentant une tige aérienne bien développée au-dessus du sol.

Cette partie de tige au-dessus du sol s'observe lorsque la plante a été laissée en place plus de deux années consécutives. Toutefois, il est possible d'observer cette tige chez une plante ayant moins d'un an d'âge. Ce qui est couramment appelé tubercule-mère est une tige avec des rameaux. Du fait d'une extrême contraction des entre-nœuds, cette tige est réduite en hauteur (NZIETCHUENG 1985).

. Système racinaire

Xanthosoma émet des racines dans la partie basale du rhizome. Leur diamètre varie de 3 à 5 mm au niveau du point d'attache sur le rhizome; leur longueur peut dépasser 1 m. Au stade jeune les racines sont recouvertes sur toute leur longueur de radicelles, abondantes dans la partie proximale et dispersées dans la partie distale.

2.1.2. Partie aérienne

- Système foliaire

La feuille adulte de *Xanthosoma* comporte trois parties principales: le pétiole, la nervure principale et le limbe.

Le pétiole est long, épais, engainant à la base,

cylindrique ou comprimé au sommet (figure 1).

Le limbe se développe de part et d'autre de la nervure principale en deux parties sensiblement égales. La morphologie du limbe varie suivant les espèces. Cette caractéristique est largement utilisée dans la taxonomie des espèces de *Xanthosoma* (figure 1., tableau 2).

- Inflorescence

L'inflorescence est un spadice entouré d'une spathe. Les bords de la spathe se chevauchent à la base tandis que la partie supérieure est ouverte au moment de l'anthèse (figure 3.). Le spadice plus court que la spathe est formé de fleurs unisexuées dépourvues de péricarpe. Le spadice présente trois parties distinctes : la partie femelle fertile dense, multiflore; la partie femelle stérile plus longue et souvent plus épaisse à la base et la partie mâle fertile cylindrique plus longue que la femelle (figure 2). Les fleurs femelles situées autour de la base du spadice sont simplement des ovaires supères à une loge dont le sommet forme le stigmate. Les ovules orthotropes dans les ovaires sont fixées sur les proéminences ou sur une colonnette centrale. La placentation est axile.

Les fleurs mâles sont représentées par des étamines autour de la partie supérieure du spadice; elles sont soudées par groupe de 2 à 6 en un petit cylindre (synandre) sur les faces latérales duquel sont situés les anthères. L'appendice manque chez *Xanthosoma* contrairement aux autres genres de la famille des Aracées, en particulier *Colocasia*.

2.2. Propagation du *Xanthosoma*: Multiplication végétative et production contrôlée des semences hybrides

La multiplication végétative est la technique généralement utilisée pour accroître le nombre d'individus des espèces du genre *Xanthosoma*. Toutefois il est possible d'obtenir de nouveaux individus résultant de l'union de deux gamètes par utilisation des techniques artificielles d'induction florale et de pollinisation. Après une brève description de la technique de multiplication végétative nous présentons les résultats enregistrés au Cameroun sur les possibilités de multiplication sexuée des espèces du genre *Xanthosoma*.

2.2.1. Multiplication végétative du macabo

Le rhizome (tige) constitue l'organe de multiplication du *Xanthosoma*. Il peut être sectionné en plusieurs morceaux dont chacun constitue une semence.

2.2.2. Multiplication sexuée

Alors qu'il est possible de maintenir par le biais de la multiplication végétative les caractères fixés chez

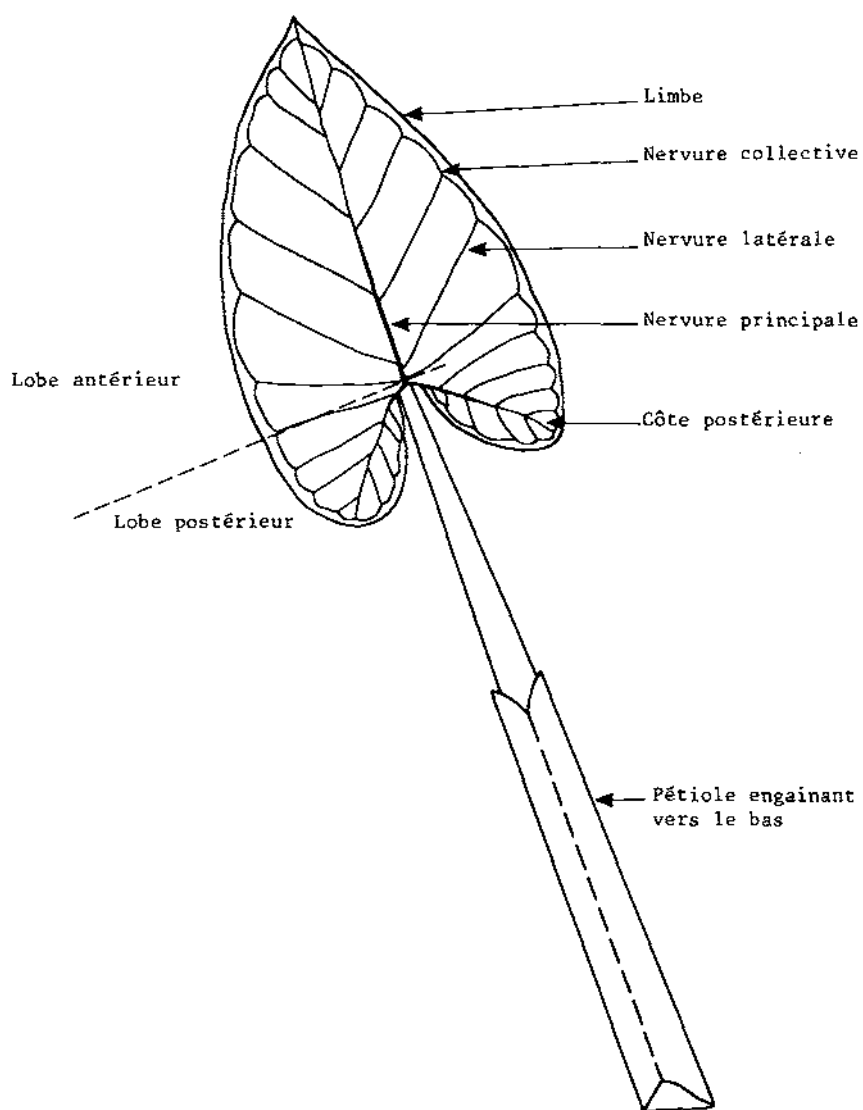


Figure 1 : Schéma des principales parties d'une feuille

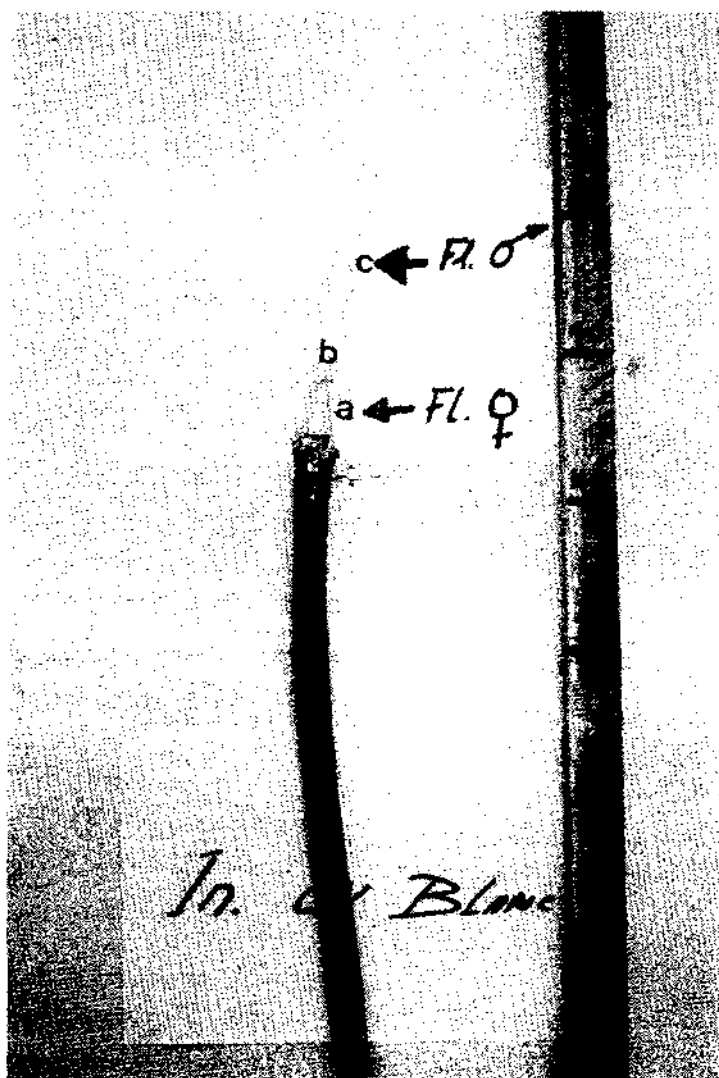


Figure 2. Un spadice de X. sagittifolium présentant trois parties.

- a) Fleurs femelles fertiles
- b) Fleurs femelles stériles
- c) Fleurs mâles fertiles.



Figure 3. Un pied de macebo (Xanthosoma sagittifolium)
portant des inflorescences (IRA - CAMEROUN).

un individu (clone), la multiplication sexuée permet des recombinaisons diverses donnant ainsi lieu à la création d'individus nouveaux.

En dehors des facteurs physiques susceptibles de déclencher la floraison (CHOUARD 1949, DEYSSON 1970), l'expérience montre que l'utilisation des régulateurs de croissance exogènes permet d'induire la différenciation florale chez certaines plantes cultivées (PY et GUYOT 1970). Les effets spectaculaires des gibbérélines sur la croissance et le développement des plantes ont suscité de nombreux travaux dont on a tiré de nombreuses applications pratiques. (PY et al. 1984).

La floraison de *Xanthosoma* dans les conditions naturelles est rare (WILSON 1979). Cependant elle peut être provoquée par des applications d'un sel de l'acide gibbérélinique (McDAVID et ALAMU 1976; ALAMU et McDAVID 1978a; WILSON 1980a; WILSON et CABLE 1983).

Xanthosoma comme toutes les Aracées est une plante entomogame. La fécondation croisée est facilitée par l'organisation de l'inflorescence. L'état protogynique des fleurs femelles facilite la pollinisation artificielle. Cette caractéristique biologique a été mise à profit par divers auteurs dans le but de créer des variétés hybrides de *Xanthosoma* hautement productives et résistantes aux maladies parasitaires: en Floride (VOLIN et ZETTLER 1976); en Inde (JOS et al. 1979); au Cameroun (AGUEGUIA et NZIETCHUENG 1984, NZIETCHUENG 1985).

2.2.2.1. Floraison contrôlée de *Xanthosoma sagittifolium* et Production des semences hybrides au Cameroun

- Floraison contrôlée du macabo par l'acide gibbérélinique (GA₃)

L'utilisation de l'acide gibbérélinique (GA₃) à 1000 ppm par litre d'eau permet d'induire la floraison chez cette plante au Cameroun (Figure 3). Le temps qui s'écoule entre l'application de l'acide gibbérélinique et l'apparition de la première inflorescence dépend du mode de traitement d'une part et des conditions de l'environnement d'autre part. Dans la zone écologique de Njombé (80 m d'altitude, 2500 mm de pluies par an, température moyenne minimale 22,5°C), les premières inflorescences dans le cas du trempage des tubercules dans la solution d'acide gibbérélinique sont notées 76 jours, en moyenne, après le semis; en ce qui concerne le traitement par pulvérisation foliaire au stade 4-5 feuilles (55 à 60 jours après la plantation) les premières inflorescences sont enregistrées 61 jours, en moyenne, après le traitement (tableau 3).

Les essais conduits dans la zone écologique de Dschang (1450 m d'altitude, 1800 mm de pluies par an, température moyenne minimale 11,0°C) ont donné des résultats

Cultivars	Concentration GA ₃ (1000 ppm)	temps apparition inflorescences en jours (3)	nombre d'inflores- cences par pied
Rouge	Trempage (1)	74	5 - 6
	Pulvérisation (2)	59	
	Trempage (1)	78	
Blanc			
	Pulvérisation (2)	63	5 - 6

(1) Trempage des tubercules dans l'acide gibbérellique avant semis

(2) Pulvérisation foliaire de GA₃ au Stade 4 - 5 feuilles

(3) temps écoulé entre date de traitement et apparition des inflorescences.

Tableau 3. Influence du mode d'application de l'acide gibbérellique sur la différenciation florale chez deux cultivars de macabo (zone écologique de Njombé).

différents. Les premières inflorescences sont observées 97 jours après le traitement foliaire par l'acide gibbérellique. Contrairement aux résultats enregistrés dans l'écoclimat de Njombé, toutes les plantes traitées n'ont pas fleuri. Sur 126 plantes traitées, 65 plantes, soit 51,5 % ont produit des inflorescences. Le nombre moyen d'inflorescences par pied se situe entre 4 et 5 (NZIETCHUENG 1985).

A Trinidad, ALAMU et McDAVID (1978a) rapportent qu'il est possible d'induire la floraison chez le macabo à l'aide de l'acide gibbérellique; WILSON et CABLE en (1983) rapportent des travaux semblables dans les îles SAMOA. Le temps écoulé entre le traitement par l'acide gibbérellique et la floraison est 150 et 99 jours respectivement. Au Cameroun et en cas de traitement foliaire les premières inflorescences sont enregistrées à 61 jours (Njombé) et 97 jours (Dschang). La production des grains de pollen par les cultivars blanc et rouge est abondante. Toutefois la quantité varie d'une année à l'autre.



Figure 4. [pis de macabo cueillis à maturité. IRA - Cameroun

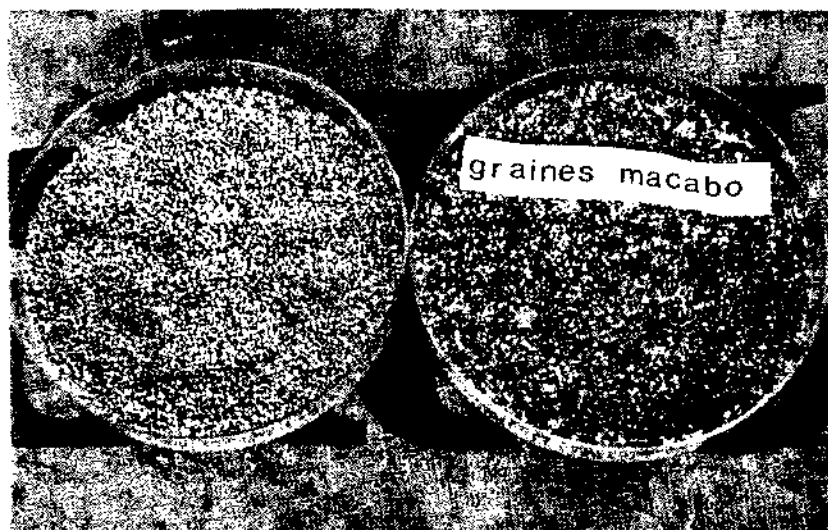


Figure 5 Semences hybrides de macabo produites au Cameroun.

2.2. Production des semences

Les croisements sont effectués entre les cultivars rouge, blanc et jaune. Un pourcentage élevé de nécroses des pédoncules floraux, compromettant dans la plupart des cas l'évolution normale des fleurs fécondées, est enregistré. L'utilisation de la Benzylaminopurine (BAP) semble sans effet sur la pourriture des pédoncules floraux (NZIETCHUENG 1985).

En cas de réussite de la pollinisation artificielle les épis sont récoltés 35 à 40 jours après (figure 4). La couleur d'un épi mûr est jaune pâle avec un pédoncule à consistance spongieuse par opposition à un épi non mûr dont la couleur reste vert luisant et un pédoncule à consistance ferme. Des milliers de graines hybrides sont tous les ans produites à la Station de Njombé (figure 5). Les semences issues des croisements cv. Jaune x rouge ou cv Jaune x blanc n'ont pas encore été obtenues au Cameroun. ALVAREZ (com. pers. 1983) signale que le cultivar jaune est un tétraploïde ($4x = 52$), contrairement aux Cultivars rouge et blanc ($2x = 26$).

A Dschang malgré le succès obtenu en ce qui concerne la floraison contrôlée, la production de grains de pollen est très faible. Aucune pollinisation artificielle n'a abouti. WILSON (1979) à l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) Ibadan, Nigéria, rapporte que les fleurs de *Xanthosoma* produisent moins de pollen en saison sèche qu'en saison des pluies, malgré une bonne alimentation en eau. La stérilité mâle semble dépendre ainsi des facteurs de l'environnement et n'est pas strictement un caractère génétique.

CONCLUSION

Plusieurs espèces du genre sont cultivées pour leurs feuilles et leurs tubercules dans les zones tropicales et subtropicales du globe. Les connaissances sur la taxonomie des espèces de ce genre n'ont pas beaucoup progressé depuis les travaux de ENGLER (1920) et ceux de HAUDRICOURT en 1941.

La multiplication sexuée, chez le macabo, dans les conditions naturelles a été rarement rapportée. Depuis quelques années l'utilisation des substances hormonales exogènes et des techniques artificielles d'hybridation permettent la production des graines et faciliterait l'élaboration d'un programme d'amélioration variétale pour cette plante. Il est actuellement possible au Cameroun de provoquer la différenciation florale chez le macabo et d'obtenir des semences hybrides.

REFERENCES

- ADAMS H. et PATTANJALIDIAL 1983 - An overview of the aroid industry in the eastern caribbean islands of Dominica, St. Lucia, St. Vincent and Grenada. Proceedings of a conference held at Catie, Turrialba, Costa Rica ; 16-19 Feb., 1983 Ed. S. O'HAIR, G.H. SYNDER and L.V. CROWDER 35 p.
- AGUEGUIA A. et NZIETCHUENG S. 1984 - Production des plantes hybrides et test de résistance à la pourriture racinaire de macabo (*Xanthosoma sagittifolium*), causée par *Pythium myriotylum* au Cameroun. In Tropical Roots Crops. Proceedings second symposium ISTRC-AB, 14-19 August 1983 (Douala Cameroun) Ed. IDRC OTTAWA-CANADA ; 231p.
- ALAMU S. et McDAVID C.R. 1978a - Promotion of flowering in edible aroids by gibberellic acid. Trop. Agric (Trinidad) 55 (1) 81-86.
- ALTSCHUL S. 1973 - Drugs and foods from little known plants. Harvard univ. Press, Cambridge, Mass.
- BARRET O.W. 1970 - Promising root crops for the South. I - Yautias, Taro, and Dasheens. USDA Bur. Plant. Ind. Bull. n° 164.
- BASU K.P. et MALAKAP M.C. 1946 - Destruction of vitamin B1 of some vegetables during cooking and the effect of cooking on free and combined vitamin B1 of foodstuffs. Ind J. Med. Res. 34, n° 1 p 39 - 48.
- CHOUARD P. 1949 - Pourquoi fleurissent les plantes. In. Les conférences du Palais de la découverte (29 Oct. 1949) Univ. de Paris, 62 p.
- CLARK A. and WALTERS R.B. 1934 - The presence of sapotoxin in *Xanthosoma atrovirens*, a tropical food tuber. Bioch. J. 28: 1131-1134.
- COBLEY L.S. and STEELE W.M. 1976 - An introduction to botany of tropical crops. 2nd Edition. London. p. 123-128.
- COURSEY D.G. 1968 - The edible aroids. World Crops, 20(3) ; 25 - 30.
- COURSEY D.G. and HAYNES P.H. 1970 - Root Crops and their potentials as food in the Tropics. World Crops 22: 261 -265.
- CROAT T.B., 1978 - Flora of Bano Colorado Island. Stanford Univ. Pres. Stanford. California.
- DEYSSON G. 1970 - Physiologie et biologie des plantes vasculaires: II - Croissance, reproduction, écologie, phytopathologie. Ed. SEDES. Paris ; 273 p.

- DOKU E.V. 1980 - Strategies for progress in cocoyam research. In. Tropical Root Crops Research Strategies for 1980 p. 1st triennial symp. of ISTRC - AB p. 227-230.
- ENGLER A. 1920 - *Xanthosoma* in Araceae ; Colocasiadae. Das Pflanzenreich IV, 23 E, 41-62.
- EDWARDS D.T. and CROPPER J. 1967 - An economic view of the development of new production systems In : Tai. E.A. ed. Proc. Int. Symp. Trop. Root Crops Univ. of West Indies, Trinidad.
- PY.C. et GUYOT A. 1970 - La floraison contrôlée de l'ananas par l'éthrel nouveau régulateur de croissance. Fruits vol. 25 n° 6: 427-445.
- HAUDRICOURT A. 1941 - Les Colocacées alimentaires (Taros et Yautias) Rev. Bot. Appl. Agric. Trop., 21: 233- 234.
- HERRERA F.L. 1942 - Plantas endemicas domesticadas for los antiguos peruanos. Rev. Mus. Nac. (Lima) 11, 25-30.
- HODGE W.H. and TAYLOR D.M. 1957 - The ethnobotany of the Island Caribs of Dominica. Webb 12, 513-644.
- JOS J.S., VIJA YA, BAI K. and HRISHI N. 1979 - Major factors limiting seed set in aroids. Paper presented at the 5th symp. ISTRC Manila (Philippines) 17-21 sept. 1979.
- KARIKARI S.K. 1974 - Effect of nitrogen and potassium on yield and leaf in Cocoyams *Xanthosoma sagittifolium* Schott. Ghana J. Agric. Sc. 7 (1) 3-6.
- KNIPSCHER H.C. and WILSON F.E. 1980 - Cocoyam farming systems in Nigéria. In : Tropical Root Crops Research Strategies for the 1980s. 1st Symp. ISTRC-AB. IITA IBADAN (Nigeria) p. 247-254.
- LIND H.Y., BARTOW M.L. and MILLER C.D. 1946- Way to use vegetables in Hawaii. Univ. of Hawaii Agric. Exp. Bull n° 97.
- LYONGA S.N. 1979 - Cocoyam production in Cameroon. paper presented at Cocoyam seminar, Baby, leyte, Philippines Sept. 24-25, 25 P. (Ronéotypé).
- MASSAL E. and BARRAU J. 1956 - Food plants of South sea Islanders. South pac. Comm. Noumea Tech. Paper 2 : 52.
- MCDONALD C.R. and ALAMU S. 1976 - Promotion of flowering in Tannia (*Xanthosoma sagittifolium*) by gibberellic acid. Trop. Agric. (Trinidad) 53 (4) ; 373 - 374.
- MORTON J.F. 1972 - Cocoyams (*Xanthosoma Caracu*, *X. atrovirens* and *X. nigrum*) ancient root and leaf vegetables gaining importance. Proc. Florida State Hort. Soc. (85), 85-94.

- NICOLSON D.H. 1975 - A new lectotypification of the genus *Xanthosoma* Schott (Aracée) ; Taxon (24), 345 - 347.
- NZIETCHUENG S. 1984 - *Tannia Xanthosoma* sp. Leaf burning disease in CARID/EDF "Aroids/Arrow-root Improvement" Project area : Case of the Commonwealth of Dominica. Report submitted as a Consultant to CARDI/EDF May-June 1984, 28 p.
- NZIETCHUENG S. 1985 - Genre *Xanthosoma* (macabo) et contrainte de production : Cas particulier de la pourriture racinaire causée par *Pythium myriotylum* Drechs. au Cameroun. Thèse Doctorat d'Etat Es Sciences. Université de Yaoundé 246 p.
- FLOWMAN T. 1969 - Folk uses of new World Aroids, Econ. Bot. 23 (2) 97 - 122.
- PLUCKNETT D.L. 1976. Edible Aroids. In : N.W. Simonds, ed.; Evolution of crop plants. Longman London ; p. 10-12.
- PURSEGLOVE J.W. 1972. Tropical Crops : Monocotyledone I and II Longman London.
- SPLITTSTOESSER W.E., MARTIN F.W. and RHODES A.M. 1975 - The nutritional value of some tropical root crops - Proc. Trop. Reg. Am. Soc. Hort. Sci. Vol. 17 ; 250-294.
- STANLEY P.C. and STEYERMARK J.A. 1958 - Flora of Guatemala. Fiddiana (Botana) 24 24 (1).
- STEHLE H. 1949 - Les choux Caraïbes des petites Antilles Françaises. Rev. Int. Bot. Appl. Agric. Trop. 26 (283-284).
- THOMPSON S.A. and DEWET J.M.J. 1983 - *Xanthosoma* (Aracée) : A taxonomic and ethnobotanic conspectus. Paper presented at, the 6th Symp. ISTRC Lima (peru) ; 20-25 Feb 1983. (Ronéotypé) 17 p.
- VICKERY M.C. 1984. Ecology of tropical plants. Ed. John Wiley and sons. Chichester - New York 170 p.
- UMOH J.B. and BASSIR O. 1977 - Nutrient changes in some traditional Nigérien foods during cooking. Part 1 : Vitamin Changes. Food chemistry 2, 155-159.
- VOLIN R.B. and ZETTLER F.W. 1976 - Seed propagation of cocoyam (*Xanthosoma caracu*) Koch and Bouche. Hortscience, 11 - (5) ; 459-460.
- WALTER E., SPLITTSTOESSER W.E. and THODES A.M. 1973 - Protein and amino acid values of some tropical root crops. Illinois Research ; Univ. of Illinois agric. Station, Fall. Vol 15 (4) 6-7.

- WILSON J.E. 1979 - Promotion of flowering and production of seeds in cocoyams (*Xanthosoma* and *Colocasia*) ; 5th Inter. Symp. on Trop. Root Crops, manila, Philippines 17.21. Sep. (Ronéotype).
- WILSON J.E. 1980a - Promotion and production of seed in Cocoyams (*Xanthosoma* and *Colocasia*) IFS Prov. Rept. n° 5 : 269-277.

BREEDING Alocasia macrorrhiza (L.) SCHOTT IN WESTERN SAMOA

Sélection de Alocasia macrorrhiza (L.) aux Samoa Occidentales

JILL E. WILSON*, AB A. de GROOT** and ANNEMIE G. HERMANS**

*Institute for Research, Extension and Training in Agriculture,
University of the South Pacific, Alafua Campus, Private Bag,
Apia, Western Samoa

** Department of Tropical Crop Science, Agricultural University,
Wageningen, Netherlands

SUMMARY

Although *Alocasia macrorrhiza* is considered a minor edible aroid in the Pacific as a whole, it is a staple food in Western Samoa and a program to improve production has been initiated. As baseline information for a genetic improvement program, present cultural methods practiced by Samoan farmers have been described and a technique to estimate yield without harvesting, by estimating stem weight from circumference and length measurements, has been developed and used to estimate yields in a large number of farmer's fields.

RESUME

Bien que *Alocasia macrorrhiza* soit considéré dans l'ensemble du Pacifique comme une aroïdée comestible mineure, c'est un aliment de base à Tonga et aux Samoa occidentales, et un programme d'amélioration de sa production est commencé. Au titre d'information de base pour un programme d'amélioration génétique, les pratiques culturelles actuelles des Samoans ont été décrites et une technique d'estimation du rendement sans récolte (par estimation du poids de la tige par sa circonférence et sa longueur) a été mise au point et utilisée sur un grand nombre de culture d'exploitants. Pour développer les techniques nécessaires au programme d'amélioration génétique, la pratique de la floraison par l'acide gibbéréllique a été étudiée et les résultats sont discutés.

Alocasia macrorrhiza (giant taro, ta'mu, kape) is distributed throughout the islands of the Pacific but it is extensively cultivated only in Western Samoa, Tonga, Wallis and Futuna, the Lau Group of Fidji where there has historically been considerable Tongan influence, and parts of Vanuatu. Throughout the remainder of the region, very acrid, weedy types may be collected and eaten during times of food shortages.

Greater use of *Alocasia* is limited by a number of factors. Even cultivated types are more acrid than other edible aroids and careful peeling and thorough cooking is needed before eating. Time from planting to harvest is generally 12 to 24 months compared to 6 to 9 months required for *Colocasiataro* and with many cultivars, time of harvest must be carefully selected to avoid periods when eating quality is poor.

However, *Alocasia* also has a number of positive attributes. It is a hardy crop, resistant to many of the diseases which attack *Colocasiataro*. Since the main edible portion is an aboveground stem, it can be grown in stony, shallow soils which are less suitable for *Colocasia*, and some cultivars yield well under lower rainfall and lower soil fertility. *Alocasia* can be field stored for up to four or five years and, therefore, serves as a long-term emergency crop. After harvest, it can be stored under ambient conditions for several months. Plants have erect leaves and this vertical leaf display is advantageous when *Alocasia* is grown in high density monoculture systems or is the dominant crop in intercropping situations (Wilson, 1984).

Alocasia could have increased use in the future, especially as farmers expand into marginal growing areas, if improved cultivars are bred which combine these positive attributes with lower acidity, less fluctuation in eating quality and a shorter time to harvest. A critical first step in attuning the breeding program to farmer's needs and avoiding the development of inappropriate cultivars is to appraise current *Alocasia* production methods and identify key constraints as well as opportunities for exploiting resources. From this appraisal, breeding goals and selection criteria can be defined.

To actually carry out a breeding program to reach these breeding goals, techniques must be developed to : a) control flowering so that it occurs early in the growth cycle and is abundant and predictable, b) control pollination and produce large quantities of seeds, c) rear seedlings, d) screen breeding populations for desirable characteristics and e) develop methods of rapid clonal multiplication.

This paper will focus on the first of these steps, the reconnaissance survey aimed at providing the information needed to define the selection criteria to be used in the western Samoan *Alocasia* breeding program. To date only general comments concerning *Alocasia* production have been published and

no yield estimates for Western Samoa have been reported.

MATERIALS AND METHODS

A description of *Alocasia* production methods, present yields and constraints was pieced together from information obtained by single visit interviews of farmers, direct field and market observations and measurements over longer periods of time and review of the limited literature.

Production Methods

All major *Alocasia* growing areas on the two large island of Western Samoa, Upolu and Savaii, were visited. Thirty-six farmers were interviewed and 37 fields chosen for description and estimation of yields (Hermans, 1984 ; de Groot, 1985). The sample of farmers and fields was not selected at random but rather purposely chosen and therefore biased by accessibility. However, the results provide a sufficient general picture for the purpose of defining breeding goals.

Estimated yields

Because farmers harvest *Alocasia* haphazardly as needed for home consumption or marketing, it was not practical to be present at harvesting time to weight stems. Therefore, to determine yields in farmer's fields, it was necessary to devise a non-destructive technique to estimate yields before harvest, while plants were still standing in the field. To do this, 109 stems of cultivar (cv) Toga and 101 stems of cv Niu Kini offered for sale at the local market were measured and weighed and for each cultivar a correlation between stem dimensions and stem weight determined (Hermans, 1984; de Groot, 1985). Dimension measurements were taken as follows (Figure 1) : length of the stem (L), defined as the distance between the upper most leafscar and the soil line, and diameter in three places, near the upper most leaf scar (C1), at half the length (C2) and at the soil line (C3). These values were used to calculate the estimated stem volume using the following formulae :

$$\text{for cv Toga : } V = L \times \frac{1}{4n} \times \frac{1}{6} (C1^2 + 4 C2^2 + C3^2) \quad (1)$$

$$\text{for cv Niu kini : } V = L \times \frac{1}{4n} \times \frac{1}{6} (C1^2 + 3 C2^2 + 2C3^2) \quad (2)$$

Formulae (1) and (2) were chosen out of several formulae with different multiplying factors for C1, C2 and C3 because, after regression, they showed the highest correlation coefficient and lowest average deviation from actual weight. Cv Toga has a cylindrical stem whereas the stem of cv Niu Kini is wider at the soil line (Figure 2) and this difference

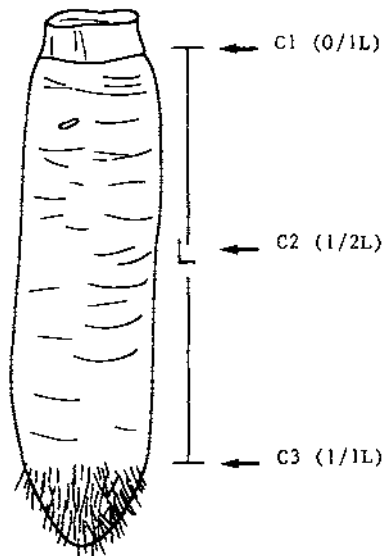


Fig.1 : Measurements used to calculate the estimated stem volume of Alocasia

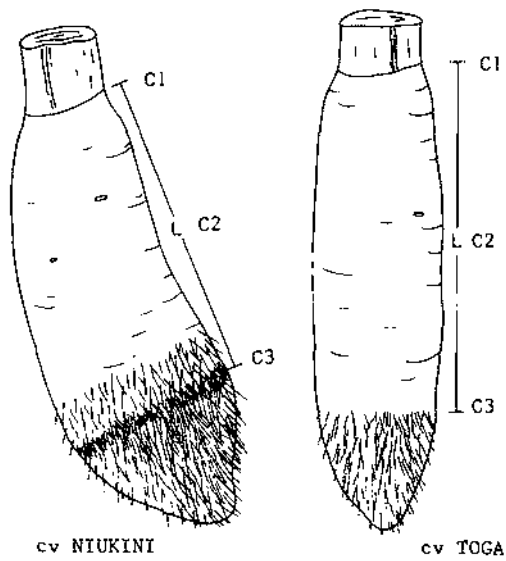


Fig.2 : Stem shapes of Alocasia cv Toga et cv Niukini

in shape is reflected in the formulae.

To determine the regression functions necessary for estimating yields in the field, estimated volumes were regressed on the actual weight (W_{act}), using a linear regression function.

for cv Toga :

$$W_{est} = 0.000880 V + 0.91 \quad (4)$$

average deviation $\pm$ 6.5%

W_{est} = estimated weight in kg

v = volume in cm^3

for cv Niu Kini :

$$W_{est} = 0.001137 V + 0.91 \quad (3)$$

average deviation $\pm$ 7.3%

In each of the 37 fields, a representative subsample of 20 to 25 plants was chosen and the lengths and circumferences of each stem measured (Figure 1). These measurements were used in formulae (1) to (4) to estimate stem weights. Estimated yields expressed in t/ha/yr were calculated based on field spacing and the age of the crop as determined from the farmer.

To check if the estimated yield calculated from the regression functions is a good estimate of the actual yield, stems were measured before harvest and weighed after harvest in 5 fields.

Soils samples were taken from subplots and later analyzed for nitrogen, phosphorus and organic carbon.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Production Methods

Alocasia is grown in locations with a variety of climatic conditions ranging from those with a moderate to strong dry season and a mean annual rainfall of 2100 mm to locations with no well defined dry season and more than 4000 mm rainfall annually. Similarly, analysis of soils taken from 25 of the subplots incated that the crop is being grown on soils with a range of fertilities. (de Groot, 1985).

Alocasia is grown on small plots near houses in coastal villages as well as in larger fields in the inland foothills.

Plots near houses are grown for family consumption whereas distant fields are harvested for both home consumption and cash income. In general, plots near houses are better maintained than inland fields since weeding is more regularly carried out and grass cutting and other organic debris are often used to fertilize these plots. Inland fields generally contain only one or two cultivars whereas village plots contain a mixture of more cultivars.

On inland fields, *Alocasia* may be grown as the first crop after clearing fallow or after one to several crops of *Colocasia*. *Alocasia* is more often planted on low fertility soils than is *Colocasia* and it appears that a higher percentage of *Alocasia* is grown on stony soils because unlike *Colocasia* it does not require a large planting hole. However, this tendency to use stony soil for *Alocasia* was not as clear cut as expected since, surprisingly, *Colocasia* also is often planted on very stony soils.

There appears to be no fixed planting time for *Alocasia*. Farmers did not mention any and they often did not remember which month they planted a certain field. Planting is done with a planting stick in a 'hand deep' (10-15 cm) hole. In those fields measured, plant spacing ranged from 1.0 m x 1.0 m to 2.1 m x 2.1 m with an average of 2.2 m²/plant. Spacing in monocrops is slightly closer than in intercropped fields.

For planting material, headsets and suckers are used, with suckers preferred. When stems are harvested, the small underground cormels remain in the soil and the small plants emerging from them may be used for planting material, but this appears to be uncommon since none of the farmers interviewed mentioned using this type of planting material. Suckers are infrequently sold on the Apia market (WS\$10.00 for 100 suckers in 1984 and 1985).

Alocasia is grown as a monocrop or intercropped with a variety of companion crops, the most common being *Colocasia* taro. Other intercrops noted were bananas, papayas, pineapple, passionfruit, young coconut, young cocoa, kava, coffee, breadfruit and vegetables. Village plots are more often intercropped than inland fields and village plots generally contain a greater variety of companion crops. Frequently, *Alocasia* is found marking boundaries of fields or in ornamental gardens (especially the cultivar *Fiasega*) or as scattered single plants in a multiple crop planting.

Apart from plots near houses which are sometimes manured with organic debris, none of the farmers interviewed used fertilizers or pesticides on *Alocasia*. Maintenance of *Alocasia* fields is generally limited to weeding. The number of weedings varies from no weeding to six times each year with an average of 3 times each year. Weeding is most often done manually but

the herbicide paraquat (Gramoxone) is sometimes used for weeding as well as for clearing fields before planting.

In Western Samoa, *Alocasia* is generally a hardy plant. Stems may be uprooted by pigs or damaged by rats or 'manuali'i' birds (*Porphyrio porphyrio*). Armyworms *Spodoptera litura* occasionally reduce leaf area. Symptoms of Dasheen Mosaic Virus are frequently observed and peppery leafspot, (*Mycosphaerella alocasiae*) occurs ubiquitously but is not considered economically important (W. Gerlach, personal communication). Extensive damage by which causes the underground stem to rot was observed in one field.

Alocasia requires 12 to 24 months to produce a stem large enough to harvest. It may be harvested at that time or field stored for several years until needed, a characteristic which is much appreciated by farmers. To determine which stems to harvest, farmers may use the length of the stem, the fact that the stem is beginning to bend over to flower, the decreasing diameter of the stem apex, a reduction in leaves to 3 or less (probably associated with flowering) or the age of the plant. Time of harvest is determined differently for different cultivars. Cv Niu Kini does not flower naturally and 70 per cent of the farmers interviewed said that this cultivar could be eaten at all stages in this growth cycle, with the time of harvest determined by stem size. In contrast, according to 77 per cent of the farmers, cv Toga must first flower before it is good for eating, although 50 percent of the farmers interviewed said that cv Toga can be eaten when it is older than 1½-3 years or when the stem has reached a certain size. Most, but not all, stems of cv Toga observed on the market throughout the year were flowering when harvested.

Most farmers responded that there is no special month of the year for harvesting *Alocasia* apparently not recognizing that natural flowering in cultivars such as Toga is most frequent during November-January. A few farmers mentioned that cvs Toga, Lau'o and Laufola should not be harvested during the rainy season unless they are flowering, probably because during wet periods the flesh becomes too watery, especially in the top part of the stem. In contrast, this does not appear to be true for cv Niu Kini. For marketing, time of harvesting is often dictated by the need for cash (school fees, ceremonies, church contributions), anticipated demand and supply on the market and availability of the other starches such as *Colocasia*, and breadfruit, rather than on the age or growth stage of the plant.

Harvesting is done by cutting the roots with a bush knife or spade and pulling up the stem by hand. The leaves are cut off and at least 3 to 4 petiole bases removed. Roots remaining on the stem are carefully cut off, taking care not to damage the stem. Cable (1981) mentioned that *Alocasia* requires less work to harvest than but this is probably true

only on a per weight basis, not on a per plant basis.- Infrequently, a ratoon crop is harvested from suckers left in the field after the first harvest. Stem are marketed with petiole bases and corm apex attached, in contrast to *Colocasia* corms from which they are removed before marketing locally. In Tonga *Alocasia* is stored for several months after harvesting, but in Western Samoa it is not purposefully stored. Farmers do recognize that it has a longer market shelf life than *Colocasia* but they prefer to cook the stems immediately after harvest.

Cv Niu Kini is marketed more frequently and in larger quantities than cv Toga. Other cultivars are seldomly found on the market. *Alocasia* is sold by the stem, with the price based on the size of stem and the cultivar, with cv Niu Kini demanding a higher price than cv Toga, e.g. during July/August 1984 cv Niu Kini averaged WS\$ 0.44/kg compared to WS\$ 0.21/kg for cv Toga.

During interviews, farmers gave several reasons for growing *Alocasia* which indicate the perceived value of the crop. It is a long-term, emergency crop which can be field stored for up to four years and harvested when needed for home consumption when other foods are in short supply or for marketing when cash is needed. It can be planted on soils which are too exhausted to support another crop of *Colocasia* or on soil types which are less suitable for *Colocasia* e.g. sandy or stony soils. It is a dual purpose crop used for both subsistence and for cash generation, and one farmer mentioned that it is useful as a shade crop for cocoa seedlings (de Groot, 1985)

Both the aboveground and underground stem of *Alocasia* are eaten, although the latter is less preferred because it is higher in acidity. Stems are prepared carefully peeling off 2-2.5 cm of skin and outer flesh which are high in acidity, cutting the stem into pieces and baking it in the traditional stone oven ('umu') or boiling it in water and adding salted, coconut cream. Traditionally *Alocasia* peeling is restricted to the men of the household. The status of *Alocasia* in the Samoan diet is lower than *Colocasia* and *Dioscorea* yam but it is generally preferred to green banana and breadfruit.

At present, the *Alocasia* germplasm collection maintained at the University of the South Pacific, Alafua, contains 17 accessions, but in the fields sampled only 8 different cultivars were recorded : Niu Kini, Toga, Fui, Laufola, Fiasega, Sasa'uli and Faitama. Of these Niu Kini and Toga are the most frequently grown and they are the only two cultivars which are regularly marketed. Cv Niu kini is less acid than cv Toga. When cooked, the flesh of Niu Kini is also firmer than cv Toga and this firm texture is preferred by Samoans. Similarly, the mean specific density of the uncooked flesh of cv Niu Kini averaged 0.93g/cm and was

Table 1. Estimated yields of *Allocasia* on farmers' fields in Western Samoa.

Location (Island)	Spacing (m ² /plant)	Plant Age (Months)	Yield (t/ha/yr)			
			cv Toga	cv Niu Kini	cv Lauo'o	cv Laufof.
Alafua (Upolu) 1	2.2	18	11.0			
Alafua (Upolu) a ¹	2.5	12	16.6			
Alafua (Upolu) b ¹	2.5	12			9.9	
Alafua (Upolu)	3.0	31	8.1			
Alafua (Upolu)	2.1	12	15.8			
Aleisa (Upolu) a	2.5	12	16.6			
Aleisa (Upolu) b	4.4	17		8.7		
Aleisa (Upolu) a	2.5	8	21.8			
Aleisa (Upolu) b	2.5	10		13.0		
Aleisa (Upolu)	2.5	24	12.6	2	14.7	
Moamoa (Upolu)	2.2	12	23.0			
Tahata (Upolu)	1.3	11		31.9		
Tanumalala (Upolu) a	2.1	28	7.3			10.3
Tanumalala (Upolu) b	2.8	28				
Sa'anapu (Upolu)	2.5	18	17.2			
Matautu (Upolu) a ³	2.9	11	(40.9)	22.2) ⁵		
Matautu (Upolu) b ³	1.3	8	(42.6)	50.7) ⁵		
Toga (Savaii)	2.6	20	10.0			
Toga (Savaii)	1.8	24		25.2		
Fai'aa (Savaii)	1.9	15			26.5	
Neiafu (Savaii)	2.4	14		26.6		
Neiafu (Savaii)	1.8	13		22.7		
Falealupo (Savaii)	2.1	14		19.9		
Vaisala (Savaii)	2.0	12		17.0		
Tufutafoe (Savaii)	1.2	11		25.1		
Tufutafoe (Savaii)	1.8	11	26.1	30.4		
Auala (Savaii)	1.3	18	15.0			
Pagamalu (Savaii)	1.9	12	26.4			
A'opo (Savaii)	2.5	11		23.0		
A'opo (Savaii)	1.9	10.5		24.1		
A'opo (Savaii)	2.5	14	12.8	8.9		
Puapua (Savaii)	2.3	15	7.4	9.1	13.0	
Valaai (Savaii)	2.1	14	21.7			
Lefagaaoalii (Savaii)	2.6	24	6.7			
Saieaula (Savaii)	1.9	36	7.3			
Fagatuli (Savaii) ⁴	2.3	11		(44.3) ⁵		

1 a and b following a location indicate 2 fields grown by the same farmer.

14.9 20.0

2 Cultivars grown together in the same sample plot

(6.7-26.4) (8.7-31.9)

3 Age of crop probably underestimated

4 Ratoon crop

5 Not included in means and ranges

significantly higher than cv Toga which averaged 0.86 g/cm (de Groot, 1985).

Although, cv Niu Kini is preferred, cv Toga and other cultivars are more frequently grown in some locations because they will tolerate lower soil fertility than Niu Kini.

Estimated Yields

The estimated yields for cv Toga ranged from 6.7 - 26.4 t/ha/yr with a mean of 14.9 t/ha/yr. Yields of cv Niu Kini were significantly higher, ranging from 8.7 - 31.9 t/ha/yr (Table 1). Yields were similar if a cultivar was grown alone or in mixture with other cultivars.

In two fields in Matautu, yields for cv Tonga were estimated as 40.9 and 42.6 t/ha/yr and for Niu Kini as 22.2 and 50.7 t/ha/yr, but these exceptionally high yields were probably due to underestimation of crop age and were, therefore, not included in the calculation of means and ranges. Farmers often found it difficult to recall the month and sometimes the year during which a specific field of *Alocasia* was planted and this reduces the accuracy of the estimated yield/year.

Using data from the five fields measured before harvest and weighed after harvest, estimated yields were compared with actual yields (Table 2).

Table 2 Comparison of actual yield (W_{act}) with estimated yield (W_{est}) of *Alocasia* to determine percentage error

no. of stems used in field-check	cv Toga			cv Niu Kini		
	W_{est} (kg)	W_{act} (kg)	$\frac{W_{est}-W_{act}}{W_{act}} \times 100$	W_{est} (kg)	W_{act} (kg)	$\frac{W_{est}-W_{act}}{W_{act}} \times 100$
5	24.7	24.0	+2.9%			
9	44.8	50.6	-11.5%			
50				473.9	410.4	+15.5%
3				28.1	30.1	- 7.2%
9	30.1	45.6	-30.9%	33.4	37.5	-10.9%
			-13.2%			- 0.9%

The percentage error for cv Toga ranged from +2.9% (overestimate to -30.9 per cent (underestimate) with a mean of -13.2 per cent and for cv Niu Kini ranged from +15.5 per cent to -10.9 per cent with a mean of -0.9 per cent. This error can be attributed to several factors. Before marketing, farmers remove several petiole bases from each stem so that the stem length measured in market is longer than in the field, resulting in an underestimation of yield. Similarly cv Niu Kini produces roots above as well as below the soil line, making it difficult to accurately determine the aboveground stem length in the market. The size of the underground stem varies with planting depth. Deeper than average planting depth will result in underestimation of stem yield, whereas shallower than average planting will result in overestimation of yield.

If the estimated yields in Table 1 are corrected using the mean percentage errors of -13.2 per cent for cv Toga and -0.9 per cent for cv Niu Kini, the estimated yield/ha/yr for cv Toga ranges from 7.6 to 29.5 with a mean of 16.9 and for cv Niu Kini ranges from 8.8 to 32.2 with a mean of 20.9 and there is no significant difference between yields of the two cultivars. These estimated yields are similar to the 12.5 - 20.0 t/ha reported for *Colocasia* on newly cleared bushland (Wilson, et al., 1984).

Although estimated yields differ somewhat from actual yields, they are still accurate enough to be used as baseline information for the *Alocasia* breeding program. Also, this non-destructive technique of estimating yields should prove useful for progressively determining yields in breeding populations and monitoring performance of improved cultivars in farmers' fields.

CONCLUSIONS

Bases on our present understanding of the *Alocasia* production system in Western Samoa, improved cultivars produced in the breeding program should have the following characteristics : 1) a level of acidity equal to or less than cv Niu Kini, firm flesh similar to cv Niu Kini, 3) flexible harvest time so that the stems can be harvested year round and field stored for 4 or 5 years, 4) reliable yields in a range of climatic zones, 5) reliable yields on less fertile and stony soils, with no or minimum inputs or fertilizer and pesticides, 6) rapid, early stem growth to permit harvesting after less than one year, 7) yields which average greater than 20 t/ha/yr., 8) levels of resistance to Dasheen Mosaic Virus, *Mycosphaerella* and *Sclerotium* equal to or higher than present cultivars, 9) 2 - 3 large suckers/plant for propagation, 10) erect leaves suitable for intercropping and close spacing.

Cited Literature

- CABLE W.J. 1981. Status of root and tuber crops in Western Samoa. Country paper prepared for the Root and Tuber Crop Production Technology Training Course, 1981, IITA, Ibadan, Nigeria.
- DE GROOT A.A. 1985. *Alocasia macrorrhiza* (L.) Schott in Western Samoa: estimated yields and present methods of cultivation. Postgraduate project report submitted to Tropical Crop Science, Agricultural University, Wageningen, Netherlands. 42pp.
- HERMANS A.G. 1984. Yield of *Alocasia macrorrhiza* (L.) Schott in Western Samoa. Postgraduate project report submitted to Tropical Crop Science, Agricultural University, Wageningen, Netherlands. 20pp.
- WILSON J.E. 1984. Taro and cocoyam: what is the ideal plant type ? In CHANDRA S. ed. Edible aroids. Oxford Univ. Press: 151-159.
- WILSON J.E., F. OPIO and W.J. CABLE 1984. Review of literature on taro production and marketing in Western Samoa. Alafua Agric. Bull. 9 : 72-89.

QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSIOLOGIQUES DE
PYTHIUM MYRIOTYLUM, AGENT PATHOGENE DE LA POURRITURE
RACINAIRE DU MACABO (XANTHOSOMA SAGITTIFOLIUM) AU CAMEROUN

*Some Physiological Characteristics of Pythium Myriotylum,
Causal Agent of Cocoyam (Xanthosoma Sagittifolium)
Root Rot Disease in Cameroun*

S. NZIETCHUENG

Institut de la Recherche Agronomique,
B.P. 44 Dschang, CAMEROUN

RESUME

Les résultats des études effectuées sur l'influence des différents milieux de culture, du pH, de la température et de la lumière sur la croissance mycélienne et le mode de reproduction de *P. myriotylum* sont rapportés.

Le même champignon sécrète en milieu de culture des protéases, très actives en milieu neutre et une pectinéméthylestérase avec un optimum d'activité situé aux alentours de pH 7,0.

SUMMARY

Results of studies performed on the effect of different culture media, pH, temperature and light on mycelial growth and mode of reproduction of *P. myriotylum* are reported.

The same fungus produces *in vitro* proteolytic enzymes very actives in neutral medium and a pectinemethylesterase with optimum activity around pH 7.0.

INTRODUCTION

Pythium myriotylum Drechs1. est, au Cameroun, l'agent pathogène responsable de la pourriture des racines du macabo *Xanthosoma sagittifolium* dont les tubercules constituent l'aliment de base pour une bonne partie des populations de la zone forestière (NZIETCHUENG 1983 a et b ; 1985).

Afin de mieux comprendre le comportement de ce parasite, sur son hôte, nous avons examiné, in vitro l'influence de certains milieux de culture, du pH, de la température et de la lumière sur l'aspect cultural, la croissance mycélienne et le mode de reproduction.

P. myriotylum parasite responsable des nécroses des racines et du "stunting" observés sur les jeunes plantules de tomate *Lycopersicum sp.*, sécrète des toxines qui jouent un rôle dans la pathogenèse (CSINOS et HENDRIX 1978; CSINOS 1979). D'après DOW et LUMSDEN en 1975, le même champignon développe un mycélium inter et intracellulaire dans les tissus de l'hypocotyle du haricot *Phaseolus sp.* Nous avons effectué quelques études préliminaires sur la sécrétion éventuelle, in vitro, des enzymes hydrolytiques par ce parasite.

I. MATERIEL ET TECHNIQUES

L'isolat de *P. myriotylum* que nous avons utilisé provient des racines pourries de macabo récoltées dans la zone écologique de Njombe (Cameroun) (NZIETCHUENG 1985).

Dans le but d'examiner l'influence de certains facteurs trophiques et physiques sur l'aspect cultural, la croissance mycélienne et le mode de reproduction de ce champignon, nous avons testé les milieux suivants :

Potato-Dextrose - Agar (PDA); milieu V-8; Extrait de Malt-Gélose - Glucose (MAG); LIMA BEAN Agar (LBA); Oat Meal Agar (OMA); Corn Meal Agar (CMA) et Malt Broth Mehrlich (MBM) (TUIITE, 1969; NZIETCHUENG, 1985). La composition du milieu (MBM) est la suivante : Extrait de Malt (Difco) 5,0 g ; Glucose 15,0 g; Peptone 1,0 g; KH₂ PO₄ 1,0 G. Mg SO₄ 0,5 g; Gélose 20,0 g. Le milieu à base d'extraits de racines de macabo (ERM) : 400 g de racines de macabo lavées à l'eau courante sont bouillies dans 800 ml d'eau distillée, ensuite broyées et filtrées. Au filtrat on ajoute 5 g de glucose et 20 g de gélose et on ajuste à 1 litre.

La sécrétion in vitro d'enzymes hydrolytiques par *P. myriotylum* a été examinée sur les milieux à base de racines et de fragments de tubercules de macabo (RTM) 100 g environ lavés à l'eau courante sont introduits dans les fioles d'Erlenmeyer de 250 ml avec quelques millilitres d'eau distillée et stérilisée; des fragments de tubercules de pomme de terre (TPT) ont été utilisés dans les mêmes conditions.

Les différents milieux de culture sont ensemencés avec des explantats calibrés de mycélium frontal provenant des cultures sur milieu "MBM". L'incubation de *P. myriotylum* sur milieu "RTM" et "TPT" se fait à la température de la salle (24-25°C), elle dure trente jours.

1.1 Etude de l'influence des facteurs trophiques et physiques sur le développement de *P. myriotylum*

Préalablement à tout essai le parasite est cultivé sur le "MBM" ou le "CMA". Pour l'étude de la croissance mycélienne, des explantats circulaires de 6 mm de diamètre sont prélevés à l'emporte-pièce dans la zone de croissance active d'une culture de deux jours et repiqués au centre des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre, contenant le milieu à tester, en appliquant le mycélium sur le milieu. Chaque essai comporte dix boîtes de Pétri pour chaque facteur étudié. Nous avons ainsi étudié l'influence des différents milieux sur l'aspect cultural du parasite, la croissance mycélienne et le mode de reproduction.

En utilisant comme milieu de base la solution de Richards Gélosée (NZIETCHUENG 1978) et le "MBM", l'influence des différentes sources de carbone, de la température (10 à 50°), de l'éclairement et du pH sur la croissance mycélienne a été examinée.

1.2. Confection des milieux de culture à différents pH

Le milieu de base est le "MBM". Le tampon utilisée est celui de McILVAINE (acide citrique 0,1 M; phosphate disodique 0,2 M mélangés en proportions variables avec la gamme des pH 2,2 à 8,0).

Pour éviter l'hydrolyse de la gélose aux pH inférieurs à 5,0, les solutions (nutritive et tampon) sont mélangées, après la stérilisation, en parties égales. Chacune d'elles a une concentration double de celle de la solution finale. Le milieu "MBM" non tamponné a été utilisé comme témoin en vue d'examiner la toxicité de la solution tampon.

L'influence des milieux de culture, du pH et de l'éclairement sur le développement du parasite a été examinée à $30 \pm 1^\circ\text{C}$.

Mesure de la vitesse de croissance mycélienne

La croissance mycélienne est déterminée par la mesure $l = l_1 - l_0$ chaque jour par lecture au papier millimétré à la face inférieure de la boîte. A cause de la croissance très rapide de *P. myriotylum* sur la plupart des milieux, l'incubation dans les différents tests ne dure que 24 heures.

1.3. Techniques enzymologiques

1.3.1. Obtention des solutions enzymatiques

Les tissus parasités des fragments de tubercules de macabo sont broyés au moyen d'un mixer avec le mélange extracteur constitué d'un tampon de McILVAINE pH 7,0 NaCl 10 % (BOMPEIX 1972, NZIETCHUENG 1978; NZIETCHUENG et BOMPEIX 1980). Un millilitre d'extrait correspond à 0,5 g de poids de tissus frais.

Le broyage des tissus peut aussi être effectué au mortier en présence d'une petite quantité de sable fin lavé aux acides. Toutes ces opérations se font à basses températures (+4°C). Le broyat est ensuite filtré; une dialyse de 36 heures à (+4°C) contre une solution de saccharose 20 % renouvelée deux fois est nécessaire pour éliminer certaines molécules dont la présence peut masquer les activités enzymatiques.

Après toutes ces opérations, les solutions enzymatiques sont soit utilisées immédiatement soit conservées au congélateur à (-20°C) jusqu'à leur emploi.

1.3.2. Evaluation des activités enzymatiques par la méthode de "Diffusion-Gélose" ("Cup-Plate method")

Le principe de la méthode (DINGLE et al., 1953; HANKIN et ANAGNOSTAKIS 1975, NZIETCHUENG et BOMPEIX 1980, FEDERICI 1982), est de déposer des préparations enzymatiques, ou des fragments de tissus parasités ou même des explantats de mycélium, ou encore des rondelles de papier filtre imbibé de solution enzymatique à tester, sur la gélose en boîte de Pétri qui contient un substrat approprié à l'activité enzymatique recherchée. Dans tous les cas, nous utilisons 100 µl de solutions enzymatique.

Après 24 heures d'incubation à 30°C nous recouvrons le disque de gélose-substrat avec une solution particulière à chaque type d'activité enzymatique. On exprime ensuite la dimension de la zone de lyse (dl) par la valeur D (diamètre total) - 8 (diamètre de puits pratiqués dans la gélose-substrat à l'aide d'un emporte-pièce de 8 mm de diamètre) = dl (diamètre de l'activité enzymatique).

Le tampon que nous avons utilisé dans tous les cas est celui de McILVAINE, pH 2,2 - 8,0. Le milieu test contient pour un litre de solution : 10 g ppm de merthiolate de soude pour inhiber le développement de tous les microorganisme.

A 50 ml de la solution tampon-substrat (à concentration double) portée à 60°C dans un bain-marie sont additionnés 50 ml de gélose fondue à 100°C (concentration double) puis ramenés à 60°C. Les solutions préparées simultanément sont mélangées soigneusement (agitation magné-

rique) puis réparties dans les boîtes de Pétri à raison de 15 ml par boîte.

Protéases

Le substrat que nous avons utilisé est la gélatine (PROLABO). La révélation des activités se fait avec une solution d'acide trichloroacétique 5 %.

La protéine non digérée enzymatiquement précipite et on note la présence d'une zone de lyse claire en cas d'activité enzymatique (NZIETCHUENG et BOMPEIX 1980).

Amylases

La mise en évidence de la sécrétion d'amylases peut être faite à partir des cultures de parasites sur milieu gélosé contenant 1 % d'amidon (NZIETCHUENG 1978) ou avec des extraits enzymatiques. Dans le premier cas, après deux jours de culture, nous recouvrons toute la surface du "milieu - *P. myriotylum* avec une solution de Lugol dont la composition est la suivante:

Iodure de potassium	2,0 g
Iode	0,2 g
Eau	100 cm ³

Quelques minutes après, l'amidon non digéré est coloré en bleu. On note alors en avant du front de la progression mycélienne une zone de lyse jaune traduisant l'activité enzymatique. Dans le deuxième cas, le milieu test contient 1 % d'amidon, 2 % de gélose. La révélation se fait toujours avec du Lugol et en cas d'activité on note une zone de lyse jaune sur un fond bleu.

Pectinéméthylestérase (PME)

La technique de DINGLE et al. (1953) ne permet pas de mettre en évidence la PME sur un disque de gélose-substrat en présence de la polygalacturonase ; celle de McCOMB et McCREADY (1958) est beaucoup plus spécifique et aboutit à des résultats plus intéressants.

Le milieu test contient 1 % de pectine hautement méthylée (95 %) et 2 % de gélose. Après incubation pendant 24 heures dans une étuve à 30 °C, on recouvre la surface du "gélose-substrat - extrait enzymatique" avec les solutions suivantes qui doivent être préparées au moment de l'emploi:

- une solution de chlorhydrate d'hydroxylamine 3,75% et puis en agitant, on ajoute une solution de soude caustique 9,4 %.

- Après 10 à 15 minutes, ces deux solutions sont éliminées et remplacées par 3 ml d'une solution d'acide chlorhydrique (un volume d'acide chlorhydrique concentré + deux volumes d'eau distillée) et 3 ml d'une solution de

chlorure ferrique 10 %. En cas d'activité PME, on note après quelques minutes l'apparition d'une zone claire et la pectine non attaquée enzymatiquement est colorée en rouge.

II RESULTATS

2.1. Influence des différents milieux de culture sur l'aspect cultural, la croissance mycélienne et le mode de reproduction

Sur l'aspect cultural

Nous avons testé huit milieux de culture. L'incubation s'effectue à l'obscurité, à $30 \pm 1^\circ\text{C}$ et dure 24 heures (cf. supra.). Au vu des résultats du Tableau 1, on constate que *P. myriotylum* développe un mycélium blanc copieux très touffu sur les milieux : V-8 et ERM. Il est blanc et peu touffu sur les milieux CMA, PDA, MAG et MBM ; blanc dispersé sur OMA et LBA.

Sur la croissance mycélienne et le mode de reproduction

La croissance mycélienne de *P. myriotylum* n'est pas identique sur les différents milieux éprouvés. En effet les résultats portés dans le tableau 1 révèlent trois groupes de milieux.

Les milieux MBM et ERM sont plus favorables à la croissance mycélienne du parasite. Ensuite viennent les milieux V-8, LBA, OMA et CMA. Dans le troisième groupe sont classés les milieux PDA et MAG. La production des zoospores est importante sur les milieux MBM, ERM, LBA et OMA ; elle est moyenne sur les milieux PDA, MAG, V-8 et CMA. Les oogones et les oospores sont abondants sur les milieux CMA, rares à absents sur les autres milieux.

2.2. Influence de la source de carbone sur la croissance mycélienne de *P. myriotylum*

Les milieux contenant le saccharose, le glucose et l'amidon comme source de carbone soutiennent une bonne croissance de *P. myriotylum*. Elle est plus faible sur les milieux contenant le fructose et la pectine (Tableau 2).

2.3. Influence de la température sur la croissance mycélienne

Les résultats du tableau 3 révèlent que la température a un effet stimulant sur la croissance mycélienne. En effet à $10^\circ \pm 1^\circ\text{C}$, la croissance mycélienne est nulle ; on note quelques hyphes dressées sur l'inoculum après 24 heures d'incubation ; elle est faible à moyenne entre 10°C et 20°C ; optimale entre 20° et 40°C , la croissance maximale étant située aux alentours de 35°C (tableau 3).

Tableau 1 Influence des milieux de culture sur l'aspect cultural et la croissance mycélienne. Température et durée d'incubation (à l'obscurité) $30^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et 24 heures respectivement.

Milieu de culture	Aspect cultural	Croissance mycélienne moyenne en (cm)
MBM	Blanc ras, peu touffu	$5,3 \pm 0,1$
ERM	Blanc copieux, touffu	$5,3 \pm 0,1$
LBA	Blanc ras, dispersé	$5,0 \pm 0,1$
V - 8	Blanc copieux, touffu	$4,8 \pm 0,1$
OMA	Blanc ras, peu touffu	$4,7 \pm 0,1$
CMA	Blanc ras, peu touffu	$4,7 \pm 0,1$
MAG	Blanc ras, peu touffu	$4,4 \pm 0,1$
PDA	Blanc ras, peu touffu	$4,0 \pm 0,1$

- Les moyennes sont suivies de l'écart - type.

Tableau 2. Influence de la source de carbone sur la croissance mycélienne du parasite. Température et durée d'incubation (à l'obscurité) $30^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et 24 heures respectivement.

Source de carbone	Croissance mycélienne (cm) moyenne de dix boîtes de pétri
- Glucose	$5,0 \pm 0,15$
- Saccharose	$5,0 \pm 0,10$
- Amidon	$5,0 \pm 0,10$
- Fructose	$4,1 \pm 0,02$
- Pectine	$4,0 \pm 0,14$

. Milieu de base = Solution de Richards gélosée

. Les moyennes sont suivies de l'écart-type

Tableau 3. Influence de la température sur la croissance mycélienne.

Température et durée d'incubation (à l'obscurité) $30^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$
et 24 heures respectivement.

Température $^{\circ}\text{C}$	Croissance radiale (cm) moyenne de dix boîtes de Pétri
10 ± 1	Croissance mycélienne uniquement sur l'inoculum
15 ± 1	$2,5 \pm 0,1$
20 ± 1	$3,3 \pm 0,1$
25 ± 1	$4,7 \pm 0,1$
30 ± 1	$4,9 \pm 0,2$
35 ± 1	$5,3 \pm 0,1$
40 ± 1	$4,5 \pm 0,2$
45 ± 1	Quelques hyphes notables sur l'inoculum
50 ± 1	Nulles.

. Milieux de base : "MBM"

. Les moyennes sont suivies de l'écart-type.

2.4. Influence du pH sur la croissance mycélienne et le mode de reproduction

En examinant le tableau 4 on constate que la croissance mycélienne de *P. myriotylum* est retardée à tous les pH par comparaison au témoin. Cette croissance est nulle pour les pH inférieurs à 3,0, faible pour les pH 3,0 à 5,0, moyenne pour les pH 5,0 à 8,0; elle est maximale aux alentours du pH 6,0. La formation des zoosporanges est optimale pour les pH situés aux alentours de 6,0 et nulle pour les pH inférieurs à 5,0. Le tampon de McILVAINE stimule probablement la formation des "appresorium - like". En effet nous avons observé au microscope sur la face inférieure des boîtes de Pétri contenant le parasite un nombre élevé des "appresorium - like" par comparaison au témoin (tableau 4).

2.5. Influence de la lumière sur l'aspect cultural et la croissance mycélienne

Les cultures sont réalisées sur milieu "MBM" gélosé. Les boîtes de Pétri sont en matière plastique plus perméable que le verre aux radiations lumineuse. Après ensemencement des milieux de culture (cf. supra) les boîtes de Pétri sont placées dans un sac en polyéthylène, transparent pour l'exposition à la lumière, emballées dans du papier d'aluminium avant d'être placées dans le sac en polyéthylène pour les essais à l'obscurité.

P. myriotylum développe un mycélium blanc copieux à l'obscurité, blanc et peu touffu à la lumière. L'éclairement continu et l'obscurité sont sans effet sur la croissance mycélienne (tableau 5).

2.6. Sécrétion in vitro des enzymes hydrolytiques par *P. myriotylum*

2.6.1. Amylases

Nous n'avons pas décelé, dans nos conditions d'expérience la présence d'amylases sécrétées en milieu de culture par *P. myriotylum*.

2.6.2. Pectinéméthylestérase (PME)

Avec la technique de "Diffusion - Gélose" nous avons évalué l'activité PME sécrétée par le parasite sur les milieux de culture constitués des fragments de tubercules et racines de macabo et de fragments de tubercules de pomme de terre. Les extraits provenant des tissus parasités de macabo ont une activité enzymatique plus grande par rapport à ceux issus des tissus parasités de pomme de terre (Tableau 6). La PME sécrétée par *P. myriotylum* a un optimum d'activité situé aux alentours de pH 7,0.

Tableau 4 : Influence pH sur la croissance mycélienne et le mode de reproduction. Température et durée d'incubation (à l'obscurité) $30^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et 24 heures respectivement.

pH	2,2	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Croissance mycélienne (cm)	-	0,0	$2,0 \pm 0,3$	$3,1 \pm 0,2$	$4,0 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,8$
Témoin							
(milieu "MBM" pH 6,0)					$5,8 \pm 0,1$		
Zoosporanges	-	-	-	++	+++	++	+
"Appresorium-like"	-	-	-	++	++	++	++

. Milieu de base : "MBM"

+++ : Fructuation forte

. Les moyennes sont suivies de

++ : Fructuation moyenne

l'écart-type.

+ : Fructuation faible

- : Fructuation nulle

Tableau 5 : Influence de la lumière sur l'aspect cultural et la croissance mycélienne. Température et durée d'incubation à $30^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et 24 heures respectivement.

Inoculum	Lumière	Obscurité
. Aspect cultural	Blanc copieux	Blanc peu touffu
. Croissance mycélienne (cm)	$3,9 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1$

. Milieu de base "MBM"

. Les moyennes sont suivies de l'écart-type.

Tableau 6 : Activité pectinéméthylestérase (PME) *In vitro* de *P. myriotylum* à différents pH à 30°C (méthode de "Diffusion - Gélase" (dl cf. techniques).

Milieu de culture	Extraits enzymatiques issus de	
	Racines et tubercules de macabo parasités	Fragments de tubercules de pommes de terre parasités
pH	(dl)	(dl)
3,0	0,0	0,0
4,0	4,0	3,0
5,0	4,0	3,0
6,0	7,0	5,0
7,0	7,8	5,8
8,0	4,5	3,5

2.6.3. Activité protéases

P. myriotylum sécrète en milieu de culture des enzymes protéolytiques. Les résultats du tableau 7 (a et b) révèlent que les extraits enzymatiques issus du milieu "RTM" sont doués d'une grande activité protéolytique par rapport à ceux issus du milieu "TPT". En effet *P. myriotylum* sur milieu "RTM" développe un mycélium blanc et touffu contrairement à celui observé sur milieu "TPT" d'aspect blanc ras.

- Activités protéolytiques selon le pH et la température

L'effet de la température a été apprécié avec la même technique de "Diffusion-Gélose" à pH 7,0; l'activité protéolytique est maximale aux alentours de 33°C (tableau 8). Des résultats portés dans le tableau 7 (a et b) on constate que l'optimum d'activité protéolytique en ce qui concerne le pH est situé en milieu neutre pH 7,0. En effet la plupart des protéases sont actives en milieu neutre ou légèrement basiques; les protéases acides sont plus rares chez les agents phytopathogènes (NZIETCHUENG 1985).

DISCUSSION ET CONCLUSION

La croissance mycélienne de *P. myriotylum* ainsi que la formation des fructifications sont plus importantes sur le milieu "ERM" (Extrait de racines de macabo). Un phénomène identique est observé lorsqu'il est cultivé sur le milieu "RTM" (milieu à base de racines et de fragments de tubercules de macabo). Les racines ou extraits de racines de macabo contiennent probablement des éléments stimulants pour le développement de ce champignon. De nombreux travaux (PARK 1963 ; SCHROTH et HILDEBRAND 1964) ont rapporté l'influence des exudats racinaires, se traduisant soit par une stimulation ou par une inhibition du développement du parasite, dans les relations hôtes-parasites. Une analyse de la composition chimique des extraits et des exsudats des racines du macabo est envisagée.

Les températures élevées (20-40°C) favorisent la croissance de ce parasite ; elle est maximale à 33°C. Des résultats similaires ont été rapportés par BELL en 1967.

La croissance mycélienne est maximale au pH 6,0; toutefois et par comparaison au témoin, le tampon (acide citrique 0,1 M; phosphate disodique 0,2 M) s'est révélé toxique vis-à-vis du champignon. Nous étudierons l'influence d'autres tampons sur le développement de ce parasite.

L'effet de la lumière a été enregistré sur l'aspect cultural ; elle n'affecte pas la croissance mycélienne. D'après TRIONE et LEACH (1969), KITAMOTO et al. (1972), LEACH (1963), la lumière bleue ou le proche ultra-violet sont

Tableau 7 : Activités protéolytiques *in vitro* de *P. myriotylum* sur différents milieux de culture à 30°C (méthode de "Diffusion - Gélose" (dl. cf. techniques).

a) Extraits enzymatiques issus du milieu "RTM"

pH	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
dl. (diamètre zone de lyse) (mm)	0,0	4,0	9,0	11,0	21,5	15,5

b) Extraits enzymatiques issus du milieu "TPT"

pH	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
dl. (diamètre zone de lyse) (mm)	0,0	0,0	4,0	5,0	8,0	7,5

Tableau 8 : Influence de la température sur l'activité protéolytique à pH 7,0.

Température °C	10	15	20	25	30	35	40	45
dl. (diamètre zone de lyse) (mm)	-	8,0	16,5	16,5	20,0	20,0	18,0	±

± Activité enzymatique visuellement notable.

efficaces pour introduire la reproduction axesuée et même sexuée d'Ascomycètes, de Phycomycètes, de Zygomycètes et de Basidiomycètes. Cet aspect du problème sera étudié dans le cas de *P. myriotylum*.

P. myriotylum sécrète en milieu de culture une pectine-mytylestérase (PME) avec une activité optimale située aux alentours de pH 7,0 ; des protéases très actives en milieu neutre.

REFERENCES

- BELL D. V. 1967 - Pathogenicity of fungi to peanut seedlings in known fungal culture at four temperatures. Oléagineux 22: 373-375.
- BOMPEIX G. 1972 - Recherches sur la biologie du *P. alba* Guthrie. Thèse Doctorat Es Sciences Naturelles. Université Paris VI, 232 p.
- CSINOS A. S. and HENDRIX J. 1978 - Parasitic and non parasitic pathogenesis of tomato plants by *Pythium myriotylum*. Can. J. Bot. 36 : 2334-2339.
- CSINOS A. S. 1979 - Non parasitic pathogenesis of germinating tomato by *Pythium myriotylum*. Can J. Bot. 57 (19) 2059-2063.
- DINGLE J., SOLOMONS G. L. and REID W.W. 1953 - The enzymic degradation of pectine and other polysaccharides. II - Application of "cup-plate" assay to the estimation of enzymes. J. Sci. Food Agric. 4: 149-155.
- DOW R. L. and LUMSDEN R. D. 1975 - Histopathology of infection of bean with *Pythium myriotylum* compared with other *Pythium* species. Can. J. Bot. 53 (17) 1786-1795.
- FEDERECI F. 1982 - Extracellular enzymatic activities in *Aureobasidium pullulans*. Mycologia 74 (5) 738-743.
- HANKIN L. and ANAGNOSTAKIS S. L. 1975 - The use of solid media for detection of enzyme production by fungi. Mycologia 67 587-607.
- KITAMOTO Y., SUZUKI A. and FURUKAWA S. 1972 - An action spectrum for light induced primordium formation in a Basidiomycete, *Favolus arcularius* fr. (Armes). Plant Physiol. 49 338-340.
- LEACH C. M. 1963 - The qualitative and quantitative relationship of monochromatic radiation to sexual and asexual reproduction of *Pleospora herbarum*. Mycologia 55 157-163.
- MCCOMB E. A. and MCCREADY R. M. 1958 - Use of hydroxamic acid

reaction for determining pectinesterase activity.
Stain. Tech. 33: 129-131.

- NZIETCHUENG S. 1978 - Contribution à la connaissance physiopathologique de la gangrène des pommes de terre causée par *Phoma exigua* Desm. Thèse Doctorat (3e cycle), Univ. Paris VI, 100 p.
- NZIETCHUENG S. et BOMPEIX G. 1980 - Etude des enzymes produites *in vitro* et *in vivo* par *Phoma exigua* Desm., agent pathogène de la gangrène des pommes de terre. Rev. Sci. Tech. DGRST (Cameroun) Vol 1 n° 1 p 27-42
- NZIETCHUENG S. 1983a - Etudes sur la pourriture racinaire du macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) au Cameroun. I - Symptomatology et étiologie de la maladie. Agron. Trop. 38 (4) 321-325.
- NZIETCHUENG S. 1983b - Etudes sur la pourriture racinaire du macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) au Cameroun. II - Quelques aspects de l'épidémiologie et moyens de lutte. Agron. Trop. 38 (4) 326-330.
- NZIETCHUENG S. 1985 - Genre *Xanthosoma* (macabo) et contrainte de production : Cas particulier de la pourriture racinaire causée par *Pythium myriotylum* Drechs. au Cameroun. Thèse Doct. Es. Sciences Nat. Université Yaoundé. 246 P.
- PARK D. 1963 - The ecology of soil borne fungal disease Annu. Rev. Phytopathol. 1: 241-248.
- SCHROTH M. N. and HILDEBRAND D. C. 1964 - Influence of plant exudates on root infecting fungi. Annu. Rev. Phytopathol. 2: 101-132.
- TRIONE E. J. and LEACH C. M. 1969 - Light induced sporulation and sporogenic substances in fungi. Phytopathology 59 1077-1083.
- TUITE J. 1969 - Plant pathological methods. fungi and bacteria Burgess Publishing Compagny U.S.A. 239 P.

LES ORIENTATIONS DE LA LUTTE CONTRE LE DEPERISSEMENT DU MALANGA (XANTHOSOMA SAGITTIFOLIUM) DANS LES ANTILLES

(Control methods orientations against fungi inducing tannia decline)

HOUNTONDJI Alphonse (1) et C.M. MESSIAEN (2)

(1) Ingénieur agronome en stage à la Station de Pathologie Végétale
INRA-Guadeloupe - 97170 PETIT-BOURG

(2) Station de Pathologie végétale
INRA-Guadeloupe - 97170 PETIT-BOURG

RESUME

Depuis plus d'une dizaine d'années, le Malanga (*Xanthomonas sagittifolium*) connaît de graves problèmes phytosanitaires dans les Antilles. L'agent primaire responsable de ce dépérissement est *Pythium myriotylum* DRECHSL, qui provoque des pourritures racinaires. Parmi les pesticides que nous avons testés, (Oxychlorure de cuivre, sulfate de cuivre, métalaxyl furalaxyl, phosetyl-al, Ethoprophos et propamocarbe), seuls le furalaxyl et l'ethoprophos semblent intéressants. Il serait aussi possible, d'envisager une lutte biologique par l'intermédiaire de deux hyperparasites du genre *Geotrichum*.

SUMMARY

For more than 10 years, Tannia (*Xanthomonas sagittifolium*) is affected by a severe decline in the West Indian area. The primary agent of this decline is *Pythium myriotylum* (DRECHSL) which induces root rot. Among the pesticides which were tested (Copper oxychloride, copper sulphate, metalaxyl, furalaxyl, phosetyl-al, ethoprophos, propamocarb) only furalaxyl and ethoprophos seem to be interesting. It would be also possible to consider a biological control system, with the use of two hyperparasitic fungus strains belonging to the genus *Geotrichum*.

PRESENTATION RAPIDE DE CE DEPERISSEMENT

Les Iles touchées

Les informations et les investigations faites jusqu'à ce jour montrent que ce problème touche de façon inquiétante : la Dominique, la Guadeloupe, la Martinique et Ste-Lucie.

Symptomatologie

Les symptômes sont identiques à ceux décrits par NZIETCHUENG (1981a) au Cameroun : jaunissement foliaire et nanisme précédés d'une pourriture racinaire. Une attaque forte et précoce entraîne une production quasi nulle.

Les règles de KOCH nous ont permis d'identifier le principal agent responsable. Il s'agit de *Pythium myriotylum* DRECHSL.

ORIENTATION DE LA LUTTE CONTRE CE CHAMPIGNON

Deux voies de recherche s'offrent à nous : la plus évidente est la lutte chimique et l'autre la lutte biologique.

La lutte chimique

Etude au Laboratoire

Nous avons utilisé dans cet essai des fongicides supposés anti-*Pythium* que l'on trouve sur le marché guadeloupéen. Nous voulons nommer le furalaxyl, le métalaxyl + folpel, le métalaxyl, le phosethyl-Al, le propamocarbe et deux produits à base de cuivre à cause de leur polyvalence: oxychlorure de cuivre et sulfate de cuivre. A cette liste, nous avons ajouté l'éthoprophos. Ce némacide est utilisé dans les bananeraies en Martinique et en Guadeloupe. Plusieurs observations (*) ont permis de constater que les Choux Caraïbe associés à ces bananiers se portent mieux et souffrent donc moins de la pourriture racinaire. Pour expliquer cet état des choses, nous avons émis un certain nombre d'hypothèse parmi lesquelles celle d'une action secondaire de ce produit sur *Pythium myriothylum*.

(*) Réalisées en particulier par PALCY - Service de la Protection des Végétaux - Martinique.

Cette étude a été réalisée en boîte de Pétri (9 cm de diamètre). Le milieu de culture est le milieu S de MESSIAEN et LAFON dans lequel est incorporé le produit à tester. Le témoin est sans fongicide. Au centre de chaque boîte est disposée une pastille de culture du champignon. Le nombre de boîtes par traitement est 4. La température d'incubation est 30°C température optimale pour le développement du *Pythium* (donnée non encore publiée). La notation porte sur le diamètre des colonies.

Les résultats figurent sur le tableau ci-après.

Concentration en ppm	Diamètre de croissance en cm (36 heures d'âge)				
	Sulfate de cuivre ou Oxychlorure de cuivre	Furalaxyl	Metala-xyl	Metala-xyl + folpel	ethoprophose
300	0	0	0	0	0
200	0	0	0,6	0	0
100	0	0	0,7	0	2,7
50	0	0	1	0,7	3,8
30	0	0,7	1,5	1,2	4,2
10	2	1,2	1,7	1,7	5
Témoin					7,2

Tableau 1 : Diamètres des colonies en cm/36 h

Les concentrations minimales pour l'inhibition totale de la croissance du champignon (même durée 36 h) pour le propamocarbe et le phosethyl-Al sont respectivement 30 000 ppm et 2 000 ppm.

- Ce premier screening nous permet d'espérer qu'à part le Propacarbe tous les autres permettraient de lutter plus ou moins contre cette maladie.

- Les produits à base de cuivre semblent plus prometteurs.

- L'Ethoprophos est actif sur *Pythium myriothylum* ce qui vérifierait l'hypothèse précitée.

Action des produits sur la plante et le couple plante-parasite

Le matériel végétal est constitué de plants miniaturisés de Malanga de trois ou quatre feuilles. Ils ont été élevés dans des conditions saines et proviennent du cultivar "Violet" très sensible à la pourriture racinaire.

Le substrat infecté est obtenu de la façon suivante : des tubercules de Malanga, provenant d'une parcelle souffrant de la maladie, ont été repiqués dans des pots carrés de 5 l sur de la terre désinfectée. Après l'attaque et la destruction des racines des plantes obtenues, nous avons récupéré et homogénéisé le contenu des pots. Ce substrat a été réparti dans de petits pots carrés de 9 cm environ de côté. Le nombre de blocs est deux et le nombre de répétitions cinq (cinq pots disposés dans une soucoupe). Le traitement est un apport de 100 ml de la solution du produit considéré et a été fait le jour du repiquage. Les témoins sont arrosés avec de l'eau de robinet. Un apport de 100 ml d'eau de robinet par pot tous les trois jours, permet de les maintenir humide (capacité de rétention). La température moyenne dans la serre où l'essai s'est déroulé était autour de 25°C.

Nous excluons de cet essai le metalaxyl (seul ou associé au folpel). Un test rapide a révélé une phytotoxicité qui se traduit par un jaunissement internervaire des feuilles les plus âgées (concentration 400 ppm). A 1200 ppm s'ajoute un brunissement des racines. Dans ces conditions, les plantes se développent mal. Des essais au champ en Martinique et en Dominique ont fait aussi état de cette phytotoxicité. Nous garderons le furalaxyl qui est de la même famille et qui est moins toxique sur le Malanga (légère phytotoxicité autour de 1 000 ppm).

Les différentes concentrations appliquées sont les suivantes (Tableau 2). Les observations ont porté d'une part sur les jours d'apparition des premiers signes de jaunissement et d'autre part sur la hauteur des plantules. Dans le second cas les mensurations ont eu lieu 25 jours après les traitements (Tableau 3).

Furalaxyl	Phosethyl-Al	Oxychlorure de cuivre	Ethoprophos
1g m.a./l	2g.m.a/l	1 g.m.a/l	* 0,2 g.m.a/l

Tableau 2 Concentration des différents produits utilisés.

* Cette concentration est calculée sur la base de celle pratiquée en bananeraie.

Observations	Témoins non traités	Oxychlorure de cuivre	Phosetyl-Al	Ethoprophos	Furalaxyl
Hauteurs des plantules (cm)	10,5	17,2	20	27,8	31,85
apparition des symptômes de jaunissement au bout de jours	7	14	19	26	30

Tableau 3 Hauteurs des plantules 25 jours après traitements et différents jours de l'apparition des premiers symptômes de jaunissement des feuilles.

COMMENTAIRE

* Seules les plantules traitées avec le furalaxyl présentent de légers signes de phytotoxicité qui sont de petites taches nécrotiques sur les feuilles les plus âgées.

* Le cuivre, qui en boîte s'est révélé plus efficace que les autres produits, se montre au contraire le moins actif en présence de la plante. Il n'a protégé les plantules que durant les deux premières semaines. Cette action fugace du cuivre dans le sol a été déjà noté sur *Phytophthora* spp. par MESSIEAN et LAFON (1970). Nous pensons néanmoins qu'il pourrait être utilisé pour le traitement des semenceaux.

* Le phosetyl-Al a de même été très peu efficace. Un résultat similaire a été signalé par NZIETCHUENG (1981 b).

* L'éthoprophos, malgré la faible concentration à laquelle il a été utilisé, s'est mieux comporté que le cuivre et le phoséthyl-Al. A une concentration plus forte, il serait sans doute aussi actif que le furalaxyl, et dans la mesure où il ne serait pas phytotoxique et où il serait possible de déterminer un délai avant récolte compatible avec la santé du consommateur, il pourrait se révéler le produit le plus intéressant, étant donné son coût beaucoup plus faible que celui des anti-Pythiacés spécifiques. Par ailleurs son action nématocide et insecticide peut présenter de l'intérêt dans le cas de Malanga (nématodes des racines, vers blancs).

La lutte biologique

Deux hyperparasites ont été utilisés dans les observations que nous vous exposerons. Il s'agit de deux champignons du genre *Geotrichum* en provenance (*) l'un de Montpellier où il a été isolé de racines de maïs attaquées par *Pythium arrhenomanes* (DRESCH) et l'autre de la Guadeloupe obtenu à partir de racines de Malanga attaquées par *Pythium myriotylum*.

Observation en boîte de Pétri

Une confrontation en boîtes de Pétri sur milieu "S" de ces hyperparasites aux *Pythium myriotylum* et *Splendens* a permis de noter que les filaments des *Geotrichum*, s'entortillent autour de ceux des *Pythium* qui se vident par la suite de leur contenu. Le stade ultime de cette évolution est l'envahissement total des colonies des *Pythium* par les *Geotrichum*.

Nous avons obtenu le même effet en confrontant ces hyperparasites aux *Rhizoctonia solani* (KUHN) isolés des racines du Malanga ou de feuilles de Haricot en Guadeloupe.

Observation en tubes de Roux sur fragments de racines

Le matériel végétal est constitué par des fragments (10 cm de long) de racines saines de Malanga de diamètre et âges sensiblement égaux, désinfectées par un trempage de quelques secondes dans une solution d'hypochlorite de calcium à 5 pour cent et un passage rapide à l'alcool. Elles furent ensuite soigneusement rincées avec de l'eau stérile.

Nous avons effectué quatre types de traitement :

- milieu de culture sans champignon
- *Pythium myriotylum* uniquement
- *Geotrichum* uniquement
- *Pythium myriotylum* + *Geotrichum*

Le dispositif expérimental est représenté par la figure 1.

Après quatre jours d'incubation à la température ambiante du laboratoire (23° à 25°C), nous avons fait la mensuration des zones nécrosées.

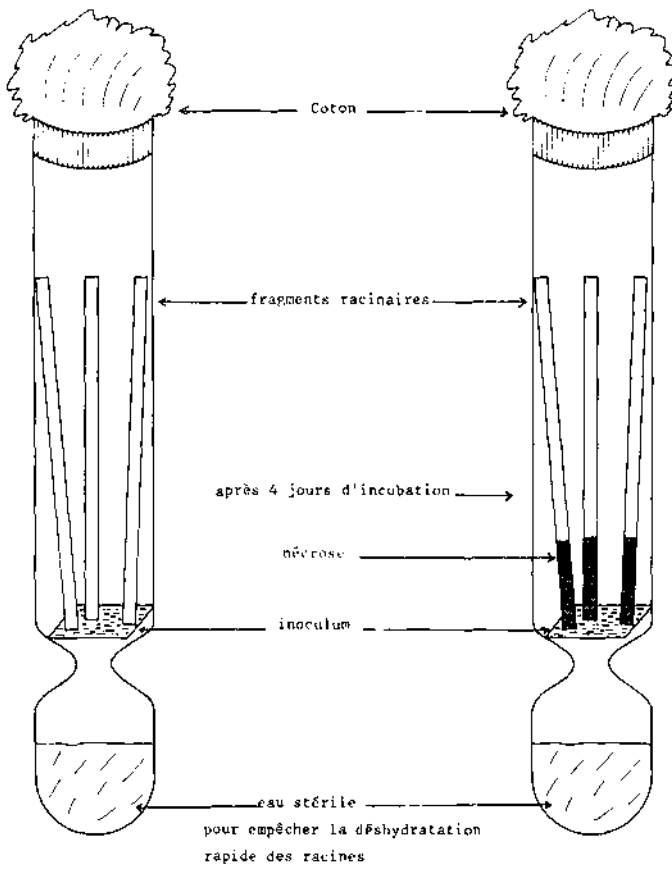


Fig.1 : Influence des Geotrichum sur la pourriture racinaire

Témoins	<i>Geotrichum</i> Montpellier	<i>Geotrichum</i> Guadeloupe	<i>Pythium</i>	<i>Geotrichum</i> Montpellier + <i>Pythium</i>	<i>Geotrichum</i> Guadeloupe + <i>Pythium</i>
0,05	0,1	0,02	3,25	0	0

Tableau 4 Longueur des nécroses en cm.

Les premiers résultats très encourageants nous autorisent à penser qu'il serait possible d'introduire ces hyperparasites dans la lutte contre *Pythium myriotylum*, à condition qu'ils ne soient pas pathogènes sur les autres cultures.

CONCLUSION

Dans les conditions où nous avons réalisé nos essais fongicides, il ressort que deux produits pourraient être retenus pour la lutte contre le dépérissement du Malanga. Il s'agit du Furalaxyl et de l'Ethoprophos. pour que ce résultat soit complet, nous essaierons d'étudier :

- La concentration optimale pour chacune de ces produits, (efficace et non phytotoxique),
- les fréquences de traitement pour permettre à la plante de tolérer la maladie pour une récolte acceptable.
- le délai des derniers traitements avant récolte compatible avec la santé du consommateur.

Par ailleurs l'effet de l'éthoprophos sur *Pythium myriotylum* nous fait penser qu'il serait intéressant d'étudier aussi l'action des autres nématicides non phytotoxiques vis à vis des *Pythium*.

Nos investigations au laboratoire en boîte de Pétri et sur fragments de racines montrent que les deux souches de *Geotrichum* que nous avons sont capables de contrarier non seulement *Pythium myriotylum* et *splendens* mais aussi *Rhizoctonia solani* dans leur développement. Cette polyvalence revêt intérêt non négligeable si on admet d'une part que *Pythium splendens* serait capable de provoquer la pourriture des tubercules entraînant un mauvais développement voire la mort de la plante (HOUNTONDJI et al, 1985) et d'autre part que *Rhizoctonia solani* en période sèche est un parasite racinaire (* PATTANJALIDIAL, communication personnelle).

Nous pensons par conséquent qu'il conviendrait de

Nous pensons par conséquent qu'il conviendrait de poursuivre nos recherches afin de voir dans quelles conditions il serait possible d'introduire ces hyperparasites dans la lutte contre ce dépérissement du Malanga.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HOUNTONDJI A. et al. 1985. Premières observations sur le dépérissement du Chou Caraïbe (*Xanthosoma sagittifolium*) en Martinique. sous presse (Agronomie Tropicale).
- MESSIAEN C.M. et LAFON R., 1970. Maladies de la tomate, de l'aubergine et du poivron. Les Maladies des plantes maraichères. 2ème édition : 89-92.
- NZIETCHUENG S. 1983a. La pourriture racinaire du macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) au Cameroun. Symptomatologie et étiologie de la maladie. Agronomie Tropicale 1983. 321-325.
- NZIETCHUENG S. 1983b. La pourriture racinaire du macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) au Cameroun : Epidémiologie et moyens de lutte. Agronomie tropicale 1983. 326-330.

EFFECTS OF METALAXYL AND BENOMYL ON POST-HARVEST DECAY OF CORMS OF DASHEEN COLOCASIA ESCULENTA (L.) SCHOTT

H. ADAMS, PATTANJALIDIAL and A. CLARKE

CARDI, Botanical Gardens
P.O. Box 346, ROSEAU
COMMONWEALTH of DOMINICA

SUMMARY

Tests were carried out to prolong the shelf life of dasheen corms. The dip in a mixture of 250 ppm metalaxyl and 500 ppm benomyl preserved the dasheen corms in excellent condition for up to 4 weeks at ambient conditions. *Pythium* spp and *Botryodiplodia theobromae* were isolated from rotted corms. The treatment is described and recommended for use in the export of dasheen corms both within and outside the Caribbean, subject to acceptable residue levels.

RESUME

Des tests ont été conduits pour une conservation accrue des tubercules de *C. esculentum* (taro) après récolte. Un trempage dans une solution comportant 250 ppm de métalaxyl et 500 ppm de benomyl garde le tubercule de taro en excellente condition jusqu'à 4 semaines en milieu ambiant. *Pythium* spp et *Botryodiplodia theobromae* ont été isolés des pourritures. Le traitement décrit se recommande pour l'exploitation dans la Caraïbe et au delà, sous la réserve que les résidus demeurent en deçà du seuil d'acceptabilité.

INTRODUCTION

Dasheen (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) is a staple food crop of the wetter, humid regions of the Caribbean, cultivated primarily for its corms. Dominica is the largest producer of dasheen in the region producing 10,700 tonnes of dasheen annually from 850 ha (ADAMS and P'DIAL, 1983). On average 300 tonnes of dasheen corms worth \$ 268,000 -

322,560 EC (ca. US\$ 100,000) are exported annually from Dominica to regional markets by unrefrigerated ships or schooners, and an additional 10 tonnes are shipped to the U.K. (Thomas, 1984) on refrigerated banana boats.

The potential for the export of dasheen corms is not fully realized due to a fungal rot which is a serious post-harvest problem in Dominica (CLARENDON, 1981), Grenada (JAMES, 1981), St. Lucia (POLIUS, 1981) and St. Vincent (VANLOO, 1981). The resulting short storage life, 3-7 days, is recognized as one of the major factors affecting the development of a stable export market (FERGUSSON, 1981). The rotting may be reduced by refrigeration, however this is expensive and may lead to chilling injury (FULLERTON and PUREA, 1982).

An inexpensive and appropriate method of prolonging the shelf-life of dasheen corms stored at ambient temperatures is required in order to allow an increase in the volume exported to regional markets, and decrease the cost and likelihood of chilling injury during export to the U.K. In order to achieve this objective, an investigation was conducted into the effects of the fungicides metalaxyl and benomyl in preventing or delaying the fungal corm rot of dasheen stored under ambient conditions.

MATERIALS AND METHODS

Mature and marketable dasheen corms weighing an average of 0.75 kg were bought from farmers, cleaned of rotted roots and washed free of dirt and debris in flowing tap water, containing 1 ppm chlorine. Well-rounded corms, free of bruises or unnatural wounds were then selected for treatment and tails and heads of corms excised to the main curvature. The corms were then dipped for 5 to 10 seconds in either of two fungicidal mixtures : 250 ppm a.i. metalaxyl plus 500 ppm a.i. benomyl ; or 500 a.i. metalaxyl plus 500 ppm a.i. benomyl (obtained from Ridomil MZ 58 a.i. 10 per cent metalaxyl and benlate W.P.50, respectively). An equal number of corms were washed as above in running tap water, tails and heads excised, and kept as a control. Treatments comprised 30 corms and were replicated thrice.

Treatments were done at 4, 24 and 48 hours after harvest and all corms placed immediately in well ventilated plastic boxes (40 cm x 30 cm x 60 cm) and stored at ambient conditions (27 - 29°C and 78 - 88 per cent relative air humidity). Observations on the rotting of 15 corms, randomly selected from the boxes were made 4 weeks after treatment, and the remaining 15 were examined after 6 weeks. Each corm was cut into quarters along the longitudinal axis and the exposed surface examined for signs of rotting. A rating of 0-4 based on the total rot per individual corm was assigned as follows :

Percent rot of individual corm	Rating
0	0
1 - 10	10
11 - 25	22
26 - 60	3
61 - 100	4

The sum total of the corm rot rating in each treatment were then expressed as the rotting disease index (RDI) using the Mc Kinney's modified formula :

$$\text{RDI} = \frac{\text{sum of observed ratings per treatment}}{\text{total number of corms observed per treatment}} \times \frac{100}{\text{maximum disease category}}$$

Corms with an RDI of less than 30 were considered very acceptable for market.

Selected isolations for fungi from corms were done using standard methods.

RESULTS

The two fungicidal treatments (250 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl and 500 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl) were equally effective in reducing the incidence of corm rot in dasheen stored under ambient conditions for up to 6 weeks after harvest. There was no significant difference between the mean disease indices of corms treated with the two fungicidal dips either after 4 or 6 weeks storage (Tables 1 and 2).

After 4 weeks in storage corms treated with tap water had a significantly higher ($p = 0.01$) mean rotting disease index (RDI) of 62.9, than corms treated with 250 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl ; or 500 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl, RDI 28.77 and 27.87 respectively (Table 1). treatment 4 hours after harvest resulted in a significantly lower ($p = 0.01$) RDI of 26.88, than treatment after 24 hours, RDI 42.31. Corms treated after 48 hours had the highest RDI of 50.36 (Table 1). There was a significant interaction between treatment (Table 1). The lowest RDI, 15.90, was observed in treatments of 250 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl 4 hours after harvest.

After 6 weeks in storage, corms treated with either 250 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl or 500 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl again has significantly lower RDI, 37.81 and 37.92 respectively, than corms treated with tap water, RDI

Table 1. Effect of two fungicidal dips on dasheen corm rot after 4 weeks storage under ambient conditions

Time of Treatment after Harvest	Rotting Disease Indices			Mean
	Control	250 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl	500 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl	
4 hours	46.17	15.90 ^d	18.60 ^d	26.88
24 hours	73.26	24.08 ^d	29.57 ^d	42.31 ^b
48 hours	69.28	46.34	35.46	50.36 ^c
Mean	62.90	28.77 ^a	27.87 ^a	

^a Highly significantly different from control $LSD_{0.01} = 6.35$

^b Highly significantly different from 4 hr. treatment $LSD_{0.01} = 6.35$

^c Highly significantly different from 4 hr and 24 hr treatment $LSD_{0.01} = 6.35$

^d Highly significantly different from control $LSD_{0.01} = 11.01$

Table 2. Effect of two fungicidal dips on dasheen corm rot after 6 weeks storage under ambient conditions

Time of Treatment after harvest	Rotting Disease Indices			Mean
	Control	250 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl	500 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl	
4 h.	61.73	36.02	34.18	43.98
24 h.	75.69	33.23	41.16	50.02
48 h.	80.25	44.17	38.41	54.26
Mean	72.55	37.81 ^a	37.92 ^a	

^a Highly significantly different from control $LSD_{0.01} = 12.19$

72.53 (Table 2). There was no significant difference between the mean RDI of corms treated either 4, 24 or 48 hours after harvest.

Rotting of the dasheen corm generally started from the tail end and/or the natural wounds left after the removal of lateral suckers. The rotting varied from a spongy white to tan rot with irregular distinct margins from the tails and previous points of attachment of lateral suckers. Isolations of fungi from the margins of the rotted areas yielded mainly *Pythium* spp and *Botryodiplodia theobromae*.

DISCUSSION

The mixture of the two fungicides, metalaxyl and benomyl, was effective in reducing rotting of corms of the dasheen *Colocasia esculenta* (L.) Schott, when compared with tap water, and the effect of the dip was evident up to 6 weeks after treatment. A similar result was obtained by FULLERTON and PUREA (1982), who achieved a shelf-life of 25 - 70 days in dasheen corms treated with metalaxyl and benomyl and stored at 20 - 22°C. Both concentrations of metalaxyl (250 ppm and 500 ppm) were equally effective in controlling the corm rot when combined with benomyl. The use of the lower concentration would considerably reduce the cost of treatment.

The two fungicides are used elsewhere on the dasheen corms and other products and the residue levels have been found acceptable at similar concentrations. However, final acceptance of these treatments is subject to the results of on-going residue analyses.

Although the fungicidal dips were effective for up to 6 weeks, it would seem that the actual shelf life of the corms, as defined by an RDI 30 (less than 10 per cent rotting), was limited to 4 weeks. This should be quite adequate for the demands of intra and extra-regional trade since intra-regional transport takes less than 7 days, while transport to the U.K. market takes a minimum of 14 days. Consumer acceptability of the corms was without doubt very high after 4 weeks storage. Even after 6 weeks storage the consumer acceptability was good.

A fungicidal dip four hours after harvest was most effective at reducing the incidence of corm rot ; indicating the necessity for treating the corms as soon after harvest as possible. Any delay in applying the treatment would seem to increase the likelihood of a high incidence of corm rot during storage. After 6 weeks in storage the advantage of treating soon after harvest was lost. The effectiveness of the benomyl + metalaxyl treatment reflects their known activity against *Botryodiplodia* and *Pythium* spp respectively, both of which were consistently isolated from rotted dasheen corms in the early stages. It should be mentioned that a large number of organisms associated with rotting of the corms, appeared on the heels of the two pathogens cited above, but *Botryodiplodia* and *Pythium* were the main incitants.

CONCLUSION

Dasheen corms, treated 4 hours after harvest with either the fungicide mixture of 250 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl or 500 ppm metalaxyl + 500 ppm benomyl, remained acceptable for market for up to 4 weeks after treatment when stored under ambient conditions. Treatment 24 or 48 hours after harvest was less effective in controlling the rot.

It is recommended that dasheen for export, within and outside the region, may be dipped in the mixture of metalaxyl and benomyl.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful for the kind assistance of

Dr Richard PLUMBLEY, Post-harvest Technologist,
Ministry of Agriculture, Dominica/TDRI, London

and Bruce LAUCKNER, Biometrician, CARDI - Trinidad.

LITERATURE CITED

- ADAMS, H. and PATTANJALIDIAL. 1983. An overview of the Aroid Industry in the Eastern Caribbean Islands of Dominica, St. Lucia, St. Vincent and Grenada. Proc. of Conference - TARO and other AROIDS FOR FOOD, FEED and FUEL - CATIE, Costa Rica pp. 35.
- CLARENDON, H.E. 1981. Report of post-harvest losses - Consultative Meeting. Vol. 2, Commonwealth Secretariat, LONDON pp 339.
- FERGUSON, T.U. 1981. Root Crop Production on project farms in St. Lucia and St. Vincent. CARDI Consultant Report No. 9.
- FULLERTON, R.A. and PUREA, M. 1982. Report to the Advisory Committee - TOKOITU Research Station, Raratonga, Cook Is., pp. 27.
- JAMES, F. 1981. As per Clarendon (1981)
- POLIUS, J. 1981. As per Clarendon (1981).
- THOMAS, M. 1984. A market analysis of aroids as compared with other root crops in Dominica. CARDI/EDF Aroids/Arrowroot Project, Dominica pp 13.
- VANLOO, G. 1981. As per Clarendon (1981).

USE OF ISOENZYMES FOR THE DETERMINATION OF GENETIC
VARIABILITY FROM TISSUE CULTURE AND BETWEEN CULTIVARS
OF TARO, COLOCASIA ESCULENTA

(Utilisation des isoenzymes pour la détermination de la variabilité
génétique à partir de culture de tissus et de cultivars de taro,
Colocasia esculenta)

Robert WARNE and Michael S. STRAUSS

Department of Biology, Northeastern University
360 Huntington Avenue, Boston, MA 02115 U.S.A.

SUMMARY

A frequent problem with plants produced from tissue culture is the presence of genetic alterations. This is a particular problem where such procedures are undertaken for the purpose of clonal propagation of material. While some of these changes are morphologically visible, it is possible for minor changes in the primary sequence of a protein to leave the whole plant largely unaffected. These changes could, in many cases, be detected by alterations of protein migration in an electrophoretic system. Starch gel electrophoretic techniques have been adapted to monitor the changes in several isoenzyme groups in plants from tissue cultured taro, *Colocasia esculenta*. These techniques are also useful in the development of isoenzyme profiles for specific cultivars of taro. This data is important in producing characterizations of taro gemplasm collections ; particularly where similar cultivars are found in two or more collections. The reliability of isoenzyme analysis for tissue culture and cultivar distinction is discussed.

RESUME

Un problème fréquent chez les plantes issues de cultures de tissus est la présence d'altérations génétiques, en particulier lorsqu'il s'agit de propagation clonale du matériel. Si certains de ces changements sont morphologiquement visibles, des changements mineurs dans la séquence primaire des protéines peuvent dans beaucoup de cas, être détectés par l'altération de la migration d'une protéine en électrophorèse. Des techniques d'électrophorèse sur gel d'amidon ont été adaptées au contrôle de la variation de plusieurs groupes d'isoenzymes chez des plantes provenant de culture de tissus du taro, *Colocasia esculenta*. Ces techniques rendent également services dans l'établissement

des profils enzymatiques de cultivars particuliers du taro. Cette donnée est d'importance pour la caractérisation des cultivars appartenant à deux ou plusieurs collections. La fiabilité de différents systèmes d'isoenzymes est discutée.

INTRODUCTION

Taro, *Colocasia esculenta*, is a major subsistence crop of the Pacific and an important secondary crop of Asia, West Africa, and many parts of the humid tropics. As is common to clonally propagated crops, taro is in need of research to develop techniques which will allow establishment of genebanks of important material. Also like many clonal crops, the most practical method for storage of taro is by tissue culture. Techniques have been published which allow for tissue culture of many taro cultivars (ARDITTI and STRAUSS, 1979). However, none of these has addressed the problem of possible genetic changes occurring during the culture process. Further, no mechanism exists for monitoring the presence of such possible change, apart from grow-out of cultured materials.

Soon after tissue culture was applied to clonal propagation of plants it became obvious that not all plants resulting from a culture were phenotypically identical to the original. Such variation is not unusual to vegetatively propagated crops and can result from somatic mutation (BEAUCHESNE, 1982 ; EVANS, SHARP and MEDINA-FILHO, 1984 ; HUSSEY, 1978 ; SCOWCROFT and LARKIN, 1982 ; SKIRVIN, 1978). These mutant plants are usually rogued out or, rarely, saved for an improved character they display. Other mutations may bring about morphological or physiological changes not readily obvious. Thus, it is suggested that such crops consist of a mixture of slightly differing clones (HUSSEY, 1978). Long term culture and repeated subculture, particularly of callus, increases the likelihood of genetic changes occurring. Polyploid or aneuploid lines often result from callus cultures (CHALEFF, 1983 ; HUSSEY, 1978, 1980 ; MURASHIGE, 1977 ; SKIRVIN, 1978). Consequently, it is necessary that any method for propagating plant material be designed to minimize induced genetic alterations. Since minor biochemical changes may have little effect on growth characteristics or yield of the crop, general phenotypic variation should be of first consideration. However, a mechanism for characterizing of even subtle changes will allow for detection of genetic changes at an early stage.

Isoenzyme analysis has been applied to a number of crop species (TANKSLEY and ORTON, 1983). A large amount of the variation seen in these isoenzymes has been attributed to genetic change (SCANDALIOS and SORENSON, 1977). Often the biological properties of the molecule are unaltered by small primary sequence changes. Consequently, these changes may be undetected at the phenotypic level. This study was initiated to investigate the use of isoenzymes to monitor genetic stability of in vitro maintained taro cultivars. It is part of a larger study to develop techniques of tissue

culture and cryogenic storage for taro. Detailed reports on this and other aspects of this study will be published elsewhere.

Finally, isoenzymes can be useful in the distinguishing of similar cultivars (BROWN and CLEGG, 1983 ; TANKSLEY and ORTON, 1983 ; WEEDEN, 1983). Presently taro cultivars can be characterized using standardized descriptor lists. However, collections frequently contain numerous accessions which, though they appear similar, have differing origins. Further, seemingly identical cultivars have different names in different collections (STRAUSS, unpublished). Isoenzyme analysis was investigated for use as a tool to distinguish between similar cultivars of taro.

MATERIALS AND METHODS

Plant material was obtained from the Fiji (UNDP/FAO-SPC Root Crops Protection Projece), Hawaii (University of Hawaii, Kauai Branch Station). All plants were maintained under greenhouse conditions at the Burlington Botanical Research Facility, Northeastern University. Selected plants were also cultured in environmental chambers under 16h. photoperiods at 25 to 30 C and 70 per cent relative humidity.

Protein extracts were prepared by freezing 250-300 mg of leaf material liquid nitrogen, and grinding with a mortar and pestle. Upon evaporation of the liquid nitrogen, 3.0 ml Tris-HCl grinding buffer-PVP solution (GOTTLIEB, 1981) was centrifuged for ten minutes at 10,000 Xg and the resultant supernatant used for electrophoresis.

Isoenzyme analysis was by starch gel electrophoresis and enzyme activity staining. The details of techniques for taro will be available in a forthcoming manual. However, general reviews upon which our techniques are based, are available (BREWER, 1970 ; CONCKLE et al., 1982 ; FERREL and BERGMAN, 1976 ; GORDON, 1983 ; SHIELDS, ORTON and STUBER, 1983 ; SOLTIS et al., 1983 ; VALLEJOS, 1983).

RESULTS AND DISCUSSION

The first task of this study was to determine which classes of isoenzymes would be useful in assessing tissue culture induced genetic change in taro. Many isoenzyme systems are found to be conservative and show no variation between different cultivars or different age/size plants from the same cultivar. The transferase group as a whole (aspartate aminotransferase, phosphoglucisomerase, and phosphoglucomutase) fit into this category. These isoenzyme profiles do not vary between different cultivars or different ages/sizes of the same cultivar (transferases are used as conser-

Table 1. Variation of esterase isoenzyme bands in plants of *Colocasia esculenta* cv. Lehua maoli of different average leaf sizes

Ave. width,	Leaf ^a cm	Bands, No.	Rf values
1.0		2	0.13 ~ 0.25
5.0		3	0.06 ~ 0.13 ~ 0.15
10.0		4	0.14 ~ 0.27 ~ 0.72 ~ 0.83

a-increasing average leaf size is indicative of relative age from culture.

Table 2. Variation of peroxidase isoenzyme bands and Rf values in *Colocasia esculenta* cv Lehua maoli plants assayed at different times of the year

Assay date	Bands, No.	Rf values
3 February, 1984	1	0.13
1 May, 1984	2	0.13 ~ 0.25
25 May, 1984	2	0.13 ~ 0.25
19 June, 1984	3	0.25 ~ 0.40 ~ 0.73
22 August, 1984	5	0.25-0.28-0.40-0.73-0.81
18 October, 1984	3	0.28 ~ 0.40 ~ 0.73
18 January, 1985	2	0.20 ~ 0.38

vative markers to eliminate the possibility of the results being a product of the electrophoretic technique). This finding leaves the hydrolases and oxidoreductases as potential isoenzyme systems for assessing genetic change in taro. In fact, these two groups of isoenzymes show significant variation between different cultivars. However, they also show variation due to age/size of plants (Table 1) and variation due to seasonal change (Table 2).

To illustrate age/size variation esterase isoenzymes of different sizes of the cultivar "lehua maoli" were examined (Table 1). Young/Small plantlets will typically produce three to five bands in an esterase profile. An adult/large plant of the same cultivar may produce as many as eight bands in the same profile. Therefore, it becomes imperative to establish a standardized age/size or set of ages/sizes when conducting these essays.

Seasonal variation, can best be demonstrated using the peroxidase system (Table 2). The same adult plant will show a variation from two to six bands in a peroxidase profile in assays taken over the course of a year. This so called "seasonal variation" has been observed for a number of the other oxidoreductase systems (alcohol dehydrogenase, catalase, malate dehydrogenase, shikimate dehydrogenase). It should be emphasized that these two forms of variation are not limited to change in the number of bands present in a profile. Variation in the distance bands migrate (R_f values) also becomes an important factor.

With the seasonal and age/size factors in mind, the isoenzyme systems that have been found to serve as potential genetic markers are : esterase, peroxidase, malate dehydrogenase, catalase, peptidase, aminopeptidase.

One cultivar, "Lehua maoli", was been taken out of tissue culture at various and grown in soil. Isoenzyme profiles indicate that the tissue culture technique utilized did not affect the isoenzyme profiles of the cultivar (Table 3). We suggest that this is an indicator of genetic stability of this cultivar under our tissue culture protocol. As a further test, plants from this culture (which has been maintained by subculture for over three years) have been planted in the field at the University of Hawaii, Kauai Branch Station, along with field grown material. As of this writing no visible differences were noted between tissue cultured and field grown plants (DE LA PENA, personal Communication).

We conclude that selected isoenzyme systems can be used to monitor the genetic stability of tissue cultured material. However, it should be noted that such techniques are not capable of detecting all possible genetic change, but rather only change with confers altered electrophoretic mobility on the isoenzymes assayed. Thus, while possibly useful in detecting significant changes, the technique is only useful when combined with other tests. This, as well

Table 3. Isoenzyme bands and Rf values for *Colocasia esculenta* cv. Lehua maoli plants taken from tissue cultures at various dates. Plants of similar size and age were used for each system.

Enzyme System Date	Band N°.	Rf values
CATALASE		
15 nov., 1984	1	0.25
19 Feb., 1984	1	0.25
26 Sep., 1984	1	0.25
19 Feb., 1984	1	0,25
ESTERASE		
15 Nov., 1984	4	0.14 - 0.27 - 0.72 - 0.83
19 Feb., 1984	4	0.14 - 0.27 - 0.72 - 0.83
26 Sep., 1984	4	0.14 - 0.27 - 0.72 - 0.83
19 Feb., 1984	4	0.14 - 0.27 - 0.72 - 0.83
MALATE DEHYDROGENASE		
15 Nov., 1984	2	0.13 - 0.56
19 Feb., 1984	2	0.13 - 0.56
26 Sep., 1984	2	0.13 - 0.56
19 Feb., 1984	2	0.13 - 0.56
PEPTIDASE		
15 Nov., 1984	2	0.66 - 0.77
19 Feb., 1984	2	0.66 - 0.77
26 Sep., 1984	2	0.66 - 0.77
19 Feb., 1984	2	0.66 - 0.77
LEUCINE AMINOPEPTIDASE		
15 Nov., 1984	2	0.43 - 0.55
19 Feb., 1984	2	0.43 - 0.55
26 Sep., 1984	2	0.43 - 0.55
19 Feb., 1985	2	0.43 - 0.55

Table 4. Variation in isoenzymes of different cultivars of *Colocasia esculenta*

Cultivar (source _a)	Catalase	Esterase	Malate dehydrogenase	Peptidase _a
Lehua maoli (KBS)	.25	.14,.27,.72,.83	.13,.56	.66,.77
Tsurunoko (KBS)	.28	.13,.19,.31,.40	.15,.44,.50	.75,.88,.94
Akado (KBS)	.25	.10,.15,.31,.41,.51	.14,.33,.49	.69,.80,.89
Kakakura-ula (KBS)	.33	.13,.19,.35,.45	.11,.35,.55	.65,.74,.83
Lauloa Palakea- Keokeo (KBS)	.31	.06,.19,.31,.38	.14,.36,.39	.69,.94
Papapueo (KBS)	.33	.20,.34,.43,.50,.59	.33,.43,.56	.75,.81,.90
Keone (KBS)	.44	.18,.25,.40,.56	.21,.41,.60	.76,.86,.95
Vavai Ding (Fiji)	.38	.06,.15,.18,.28,.38	.21,.46,.66	.81,.88,.94
Vavai loa (Fiji)	.36	.06,.15,.28,.38	.13,.44,.61	.71,.85,.91
Toakula (Fiji)	.34	.06,.15,.28	.13,.38,.56	.85,.88,.95
Tausala ni mumu (Fiji)	.21	.09,.25,.39,.53	.14,.39,.51	.74,.86
Vutikota (Fiji)	.18	.14,.30,.43,.55	.13,.34,.50	.69,.78,.90
Mumu (Fiji)	.29	.06,.19,.28,.38	.19,.44,.63	.75,.88,.98

^a-KBS, University of Hawaii, Kauai Branch Station.
Fiji, UNDP/FAO-SPC Root Crops Development in the Pacific Programme

as other studies, suggest that such data, while useful, should be cautiously interpreted (LASSNER and ORTON, 1983 ; ORTON, 1982).

To demonstrate the a detection of genetic variability among cultivars, five isoenzyme systems were examined for several cultivars (Table 4). The data clearly establishes the potential of isoenzyme profiles in producing characterizations of taro gemplasm collections ; particularly where similar cultivars are found in two or more collections. In essence, this electrophoretic system is able to detect the differences between cultivars on a biochemical scale and provide the researcher with a reference suitable for a wide range of studies.

In conclusion, the starch gel electrophoretic technique developed in this study to monitor the changes in isoenzyme groups in taro is a quick and easy way to establish many of the genetic differences in related cultivars, and in plants from tissue culture. However, isoenzymes while a powerful indicator, should not be the sole determinant of genetic stability of *in vitro* produced plants. The information produced by isoenzyme techniques must be combined with additional data, such as morphologic and agronomic descriptors. Care must be taken to utilize only those isoenzyme systems that have been confirmed as reliable for genetic stability studies.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is funded by a grant -PR 3/11 IBPGR Storage (veg. prop.)- from the International Board for Plant Genetic Resources, Rome. We gratefully acknowledge the assistance of Dr. Donalds CHENEY in development of the isoenzyme procedures. Thanks to G.V.H. JACKSON, I.D. FIRMAN, R.S. DE LA PENA and B. SNOW for their assistance in this work.

LITERATURE CITED

- ARDITTI J. and S. STRAUSS., 1979.- Taro Tissue Culture Manual. South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia. 59 pp.
- BEAUCHESNE G., 1982.- Appearance of plants not true to type during in vitro plant propagation. In, E.D. EARLE and DEMARLY (eds.), Variability in Plants regenerated from tissue culture. Praeger Publ., New York.
- BREWER G.J., 1970.- An introduction to isozyme technique. New York Academy Press, New York.
- BROWN A.D.H. and M.T. CLEGG. 1983.- Isozyme assessment of Plant Genetic Resources. Current Topics in Biological and Medical Research 11:285-295.
- CHALEFF R.S., 1983.- Isolation of agronomically useful mutants from plant cell cultures. Science 219:676-682.
- CONCKLE M.T., P.D. HODGSKISS, L.B. NUNNALLY and S.C. HUNTER, 1982.- Starch gel electrophoresis of conifer seeds: a laboratory manual. USDA Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Berkley, CA.
- EVANS, D.A., W.R. SHARP and H.P. MEDINA-FILHO, 1984.- Somaclonal and Gametoclonal Variation. Amer. J. Bot. 71:759-774.
- FERREL, P.P. and F. BERGMAN, 1976.- Gel electrophoresis of proteins and enzymes. In, J. MIKSCHE (ed.), Modern Methods in Forest Genetics. Springer-Verlag, New York. pp 49-77.
- GORDON A.H., 1983.- Electrophoresis of proteins in Polyacrylamide and starch gels. In, T.S. WORK and E. WORK (eds.), Elsevier Science Publ., Amsterdam.
- GOTTLIEB, L.D., 1981.- Gene numbers in species of Astereae that have different chromosome numbers. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 78:3726-3729.
- HUSSEY G., 1980.- In vitro propagation. In, D.S. INGRAM and J.P. HELGESON (eds.), Tissue Culture Methods for Plant Pathologists. Blackwell Scientific, Boston.
- LASSNER M.W. and T.J. ORTON, 1983.- Detection of somatic variation. In, S.D. TANKSLEY and T.J. ORTON (eds.), Isozymes in Plant Genetics and Breeding, Part A. Elsevier, New York. pp. 209-218.

- MURASHIGE, 1977.- Clonal crops through tissue culture. In, W. BARZ, E. REINHARD and M.H. ZENK (eds.), Plant tissue culture and its biotechnological application. Springer-Verlag, New York.
- ORTON T.J., 1983.- Experimental approaches to the study of somaclonal variation. Plant Mol. Biol. Rep. 1:67-76.
- SCANDALIOS J.G. and J.C. SORENSON, 1977.- Isozymes in plant tissue culture. In, J. REINERT and Y.P.S. Bajaj (eds.), Plant cell, tissue and organ culture. Springer-Verlag, New York.
- SCOWCROFT W.R. and P.J. LARKIN, 1982.- Somaclonal variation: a new option for plant improvement. In, I.K. VASIL, W.R. SCOWCROFT and K.J. FREY (eds.), Plant Improvement and Somatic Cell Genetics. Academic Press, N.Y. pp. 159-178.
- SKIRVIN R.M., 1978.- Natural and induced variation in tissue culture. Euphytica 27:241-266.
- TANKSLEY S.D. and T.J. ORTON, 1983.- Isosymes in Plant Genetics and Breeding, Part B. Elsevier, New York.
- WEEDEN N.F., 1983.- Distinguishing among white seeded bean cultivars by means of allozyme genotypes. Euphytica 33:199-208.

VIRUS-FREE PLANTS OBTAINED BY THERMOTHERAPY AND MERISTEM
CULTURE OF WHITE (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott.)
AND PURPLE (*X. violaceum* Schott.) COCOYAMS

(Obtention de plants débarrassés de virus par culture de méristème et
prolifération de pousses axillaires chez le *Malanga* blanc et violet)

SEBASTIAN SALAZAR S., ROBERTO FERNANDEZ Z., and ROBERT L. JARRET

Tropical Agricultural Research and Training Center

(CATIE)

7170, P.O. Box #15

TURRIALBA, COSTA RICA

SUMMARY

Apparently virus-free plants of white and purple cocoyams were obtained by a combination of thermotherapy treatment at 38 °C for 5 to 6 weeks followed by meristem culture on a modified Murashige and Skoog (MS) liquid medium supplemented with N⁶-benzyladenine (BA). After 5 weeks of culture, emerging buds were dissected out, cut in half longitudinally through their apices, and each piece was transferred to fresh semi-solid (0.7 per cent Difco Bacto agar) MS medium containing elevated concentrations of BA which promoted the development of axillary buds. Excision of individual axillary buds and transfer to hormone-free semi-solid (0.7 per cent agar) MS medium resulted in rapid and extensive root formation. Plantlet survival after transfer to methyl bromide-treated soil approached 100 per cent. Initial establishment of plants in the field was accomplished following procedures normally used for vegetative propagation of these crops.

RESUME

Des plants de *Malanga* blanc et violet (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott et *X. violaceum* Schott) apparemment indemnes de virose sont obtenus par culture de méristèmes sur un milieu liquide modifié de Murashige et Skoog (MS) supplémenté avec 0,1 mg/l de N⁶-benzyladenine (BA). Après 4 semaines de culture les pousses qui émergent sont coupées longitudinalement à travers leur apex, en 2 moitiés et chaque partie est transférée sur un milieu MS, à moitié solide, contenant 5 mg/litre de BA, qui provoque le développement des bourgeons axillaires.

L'excision et le transfert individuel des bourgeons axillaires sur le milieu MS de base conduisent à une initiation et à un développement rapide des racines.



Figure 1 : Complete plant of Xanthosoma saggitifolium (L.) Schott.



Figure 2: Plant dwarf of X. saggitifolium (L.) Schott infected with Dasheen Mosaic Virus (DMV), with 3 months after planting in field conditions.

INTRODUCTION

Cocoyam or Tiquisque (Fig. 1), as it is locally referred to in Costa Rica, is an important staple of subsistence farmers in tropical areas. Together with "malanga" (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*) and "nampi" (*C. esculenta* var. *antiquorum*), tiquisque is recognized as having considerable potential for feeding cattle and for fuel production (14).

Plants are generally grown for their edible corms or cormels and in some cultivars the young leaves and petioles are eaten in salads (12). Cocoyam is propagated vegetatively by planting the main stem cutting which consists of the apical portion of the corm and the lower part of the petioles. More frequently used are pieces of the corm and the optimal size is about 250 g (4). These propagation methods are ineffective for maintaining pathogen-free stock plants and result in disease dissemination (8). In addition, maintaining field collections of these crops is expensive, and the threat of attack by pathogens, principally viruses, results in the loss of desirable genotypes (9). For example, Dasheen Mosaic Virus (DMV) (Fig. 2), detected in the aroids collection of CATIE (13) has been responsible for the loss of about 50 per cent of the *Xanthosoma* spp (15).

Virus-free plants of these and other crops can be obtained, either through seed propagation (6, 17, 18), or through shoot tip culture (1, 2, 5, 6). Virus-free plants of *X. brasiliensis* have been obtained by *in vitro* propagation (16). Also, many plants of *X. caracu* have been recovered from cultured shoot tips (3). However, the literature contains little information on the application of meristem culture and micropropagation techniques for virus elimination from and propagation of white and purple cocoyams.

This research was initiated to test the effectiveness of thermotherapy treatment and meristem culture as virus eradication and to develop a culture media, which would support the growth of true meristems while stimulating. It is our intention to utilize these techniques for production and dissemination of certified planting material which would facilitate accurate field evaluation of these materials and regional and international exchange of this germplasm.

MATERIAL AND METHODS

Thermotherapy Treatment

White and purple cocoyam tuber pieces of about 250 g were taken from the head of the main tuber. These were washed, soaked for 15 minutes in a solution of commercial fungicide (1 per cent w/v Benomyl), planted in 85 x 120 mm pots containing sterile soil, and incubated in a thermotherapy

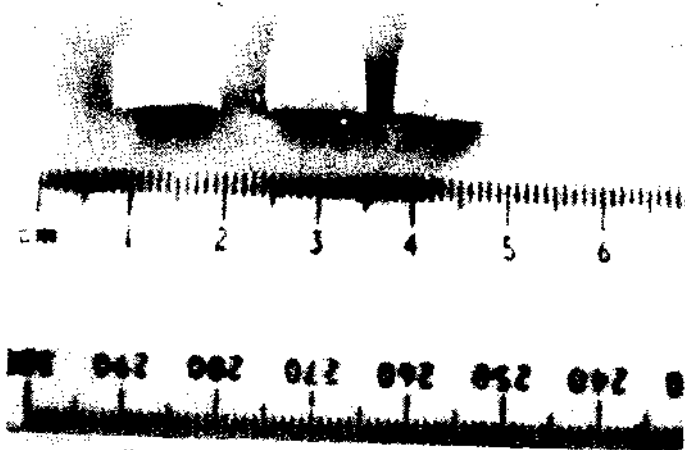


Figure 3: Explants of Cocoyam before surface sterilization.

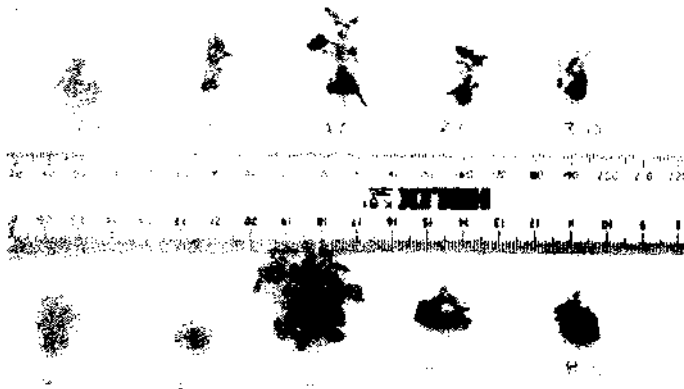


Figure 4: Effect of BA concentration (mg/liter) on the stimulation of axillary buds in Cocoyam.

chamber. Thermotherapy treatment consisted of continuous exposure to a temperature of 39 °C constant for 6 to 8 weeks under 3.5 Klux illumination provided by white fluorescent lamps on a 16 hour photoperiod. Plants were irrigated daily and maintained under 60 to 80 per cent relative humidity. When the first petioles reached 20.0 cm in height, the shoot tips and subtending tissues were excised by cutting through the petioles above the shoot tips and through the starchy tissues below (Fig. 3). These were surface sterilized by immersion in a solution of 10 per cent (v/v) commercial laundry bleach containing 2 drops/100 ml of the surfactant Tween 80 with constant agitation for 10 minutes and rinsed 3x in sterile distilled water.

In vitro culture

With the aid of a dissecting microscope additional petiole tissue and immature leaves were removed until the meristem was visible. The meristem 1 leaf primordia was excised. Meristem were individually transferred to 125 x 10 mm screw cap vials containing 10 ml of liquid basal medium. Basal medium consisted of Murashige and Skoog (MS) salts (11), and the following in mg/liter : thiamine. HCl, 0.1., pyridoxine. HCl, 0.5., nicotinic, 0.5., glycine, 2.0., myo-inositol, 100., sucrose 30,000 (Table 2) and supplemented with BA at : 0.0, 0.1, 0.3, 1.0, 3.0 or 3.0 mg/l in combination with NAA at : 0.0 ; 0.1 ; 0.3 ; or 3.0 mg/l in a factorial experimental design with 10 replications per treatment. For stimulation of axillary bud development actively growing shoots tips were cut longitudinally, and the pieces were cultured individually into baby food jars (60 x 100 mm) capped with B-caps containing 10 ml of semi-solid basal medium supplemented with BA at : 0.0 ; 0.1 ; 2.0 ; 3.0 ; 4.0 ; 5.0 ; 6.0 ; or 7.0 mg/l. All media pH were adjusted to 5.7 0.1 with KOH or HCl and autoclaved for 15 minutes at 121°C at 15 psi. Cultures were maintained in a growth room at 28 °C and a 16 hours photoperiod under 3 Klux illumination. Experiments were replicated 3 times. Cultures were scored at 2 day intervals for survival and further development.

RESULTS AND DISCUSSION

Thermotherapy treatment

When the cormel pieces were exposed to the hot air, they sprouted and shoots developed quickly. Each cormel produced 3 to 4 shoots which provided 3 to 4 meristems for use as primary explant until the emergence of more buds ended.

"In vitro" meristem initiation

Meristems floating in liquid basal medium began to enlarge and became chorophyllous in all treatments within 2 days after culture initiation. In the following 15 to 17 days the emergence and unfurling of the first green leaves was evident. In the subsequent 3 to 4 weeks, 4 to 6 small green leaves emerged. Swelling at the basal regions of the shoot tip was noted in explants on treatments containing BA at 0.1 mg/l alone or in combination with NAA at 0.3 or 3.0 mg/l BA at 0.3 mg/l alone or in combination with NAA at 0.3 or 3.0 mg/l (Table 1). The other treatments were also effective but less so. The control, devoid of BA and NAA, developed more slowly. At the end of the 5 week culture period, and of the explants cultured on the treatments described previously, those cultured on basal medium containing 0.1 BA mg/liter were the most vigorous. BA 0.1 mg/liter was therefore used as the standard for "initiation medium" (Table 2).

Shoot tips which developed in the "initiation medium" were transferred to semi-solid (0.7 per cent agar) MS media supplemented with BA in order to test the effects of the different concentrations of BA on the stimulation of axillary buds development.

Stimulation of Axillary Development

Shoot tips from plantlets which developed on initiation medium were cut longitudinally through their apex into 2 to 4 pieces, or scored with a series of cuts across their apex and transferred media for stimulation of axillary development (Table 2). A BA concentration of 5.0., 6.0., or 8.0 mg/l was sufficient to stimulate axillary bud growth after 2 to 3 weeks (Fig.4). Splitting shoots tips was more effective than scoring apices for stimulation of lateral branching. Similar results were obtained with several genotypes of *Musa* (8). A combination of BA at 6.0 mg/liter in combination with splitting of the shoot apex promoted maximal axillary bud emergence. Individual cultures contained 30 or more shoots. Other treatments resulted in less vigorous shoot development (Fig. 4).

Reculture of individual excised axillary buds onto fresh semi-solid basal media supplemented with 6.0 mg/liter BA inhibited the emergence of many buds. After 5 days on media containing 6.0 mg/l BA globular structures arose at the base of the shoot tip piece that were greenish-brown in color on their exterior and light green on their interior. After 6 months numerous small buds were evident in these cultures, however, their further development was arrested or very slow. The utilization of these responses for limited growth conditions, could be useful for germ-

Table 1 : Effect on the growth factor concentration on the development of shoots from cultured apical meristem of *Xanthosoma saggitifolium* (L.) Schott and *Xanthosoma violaceum* Schott.

		BA (mg/liter)					
		0.0	0.1	0.3	1.0	3.0	10.0
NAA (mg/liter)	<u>0.0</u>	+	++++	++++	++	+	+
	<u>0.1</u>	+	++	++	+++	++	++
	<u>0.3</u>	+	++++	+++	++	++	+
	<u>1.0</u>		++++	+++	++	++	
	<u>3.0</u>	+	+++	+++	+	+	+

- nil
 + very low
 ++ low
 +++ middle height
 ++++ high
 +++++ very high

Table 2 : Media constituents (mg/liter for culture initiation axillary bud development and complete plant regeneration in 24 genotypes of cocoyam.

Media constituents	MEDIA TYPE		
	Culture initiation ¹	Axillary bud development ¹	Complete plant regeneration ²
Inorganic salts	MS ³	MS	MS
i-Inositol	100	100	100
Thiamine-HCL	0.1	0.1	0.1
Piridoxine-HCL	0.5	0.5	0.5
Nicotinic acid	0.5	0.5	0.5
Glycine	2.0	2.0	2.0
Sucrose	30,000	30,000	30,000
Agar	0	7,000	7,000
			0
BA	0.1	3.0	0

1/ 25 x 95 mm screw cap vials, 1 explant per culture.

2/ Baby food jars (60 x 100 mm) capped with B-caps (Magenta Corp., Chicago, U.S.A.), 4-6 shoots per vessel of culture.

3/ MS = Murashige and Skoog, 1962.



Figure 5: Complete plants of Cocoyam ready to be transferred to Bromide treated soil.



Figure 6: Plastic chamber in which the plantlets of Cocoyam are transferred and immediately planted in soil from the culture tubes.

plasm storage of this crop. Transfer of shoot tips from basal medium containing 6.0 mg/liter BA to basal medium containing 3.0 mg/l BA resulted in the rapid emergence of many buds. As many as 60 developing shoots were counted in a single culture on this media (Table 2). After 6 to 8 weeks, shoot tips from these were divided and recultured onto a fresh medium devoid of growth regulators (Table 2). This further promoted the development of complete and vigorous plants (Fig. 5).

Establishment of plantlets in soil

Well develop axillary buds of five of the 24 genotypes of *Xanthosoma* spp. (Table 3) propagated in vitro as described here rapidly developed a vigorous and extensive root system when transferred to basal medium lacking growth regulators (Fig. 5). These plantlets were subsequently removed from culture, transferred directly to methyl-bromide treated soil and placed in a plastic chamber in a screenhouse (Fig. 6). The temperature inside the chamber was approximately 35 and 30 C day and night respectively and the relative humidity was in excess of 80 per cent. Under these conditions survival exceeded 99 per cent. Survival of plants maintained in the screenhouse in the absence of plastic chamber was about 80 per cent. We suggest that the lower relative humidity in the absence of an enclosed chamber was responsible for the higher mortality. A period of 3 to 4 days inside the plastic chamber was sufficient for acclimatization.

Tissue culture propagated plants grow rapidly following transfer to soil (Fig. 7). In a 3 week period total leaf area increased about 4 times (Fig. 7a), and plant width 3 times (Fig. 7b). Plant height did not increase appreciably until the end of the 4th week (Fig. 7c). New leaf emergence was initiated after 3 weeks (Fig. 7d).

For further acclimatization, plants were placed outside under 30 to 40 per cent shade. Four weeks later they were transferred to full sunlight (Fig. 8). Subsequent growth was rapid.

Following this procedure plants are large enough for field establishment about 6 weeks after removal from culture. The time required, from the initiation of the thermotherapy treatment until the establishment of plants in the field, is approximately 24 weeks (Fig. 9).

Dasheen Mosaic Virus (DMV)

DMV (Fig. 10) was not detected in tissue culture propagated plantlets following serological tests. Eight months after removal from culture the appearance of these plants

Table 3 : Xanthosoma spp. cultivars from which meristem culture have been successfully initiated and whole plants recovered.

Introduction N°	Country of Origin	Date of Entry at CATIE
6115	Costa Rica	12 - 1976
6562	Honduras	7 - 1977
6568	Honduras	3 - 1977
7314	panamá	7 - 1977
7361	Panamá	7 - 1977
7368	Panamá	7 - 1977
7369	Panamá	7 - 1977
7372	Panamá	7 - 1977
8806	Costa Rica	7 - 1978
9492	Puerto Rico	1 - 1979
9505	Puerto Rico	1 - 1979
9509	Puerto Rico	1 - 1979
9523	Puerto Rico	1 - 1979
9856	Costa Rica	9 - 1979
9859	Costa Rica	9 - 1979
10017	Costa Rica	9 - 1979
10767	Panamá	1 - 1980
10876	Honduras	3 - 1980
11752	Costa Rica	6 - 1980
11972	Nicaragua	12 - 1980
12181	Honduras	12 - 1980
12469	Panamá	9 - 1981
12531	Costa Rica	2 - 1981
14330	Panamá	3 - 1983

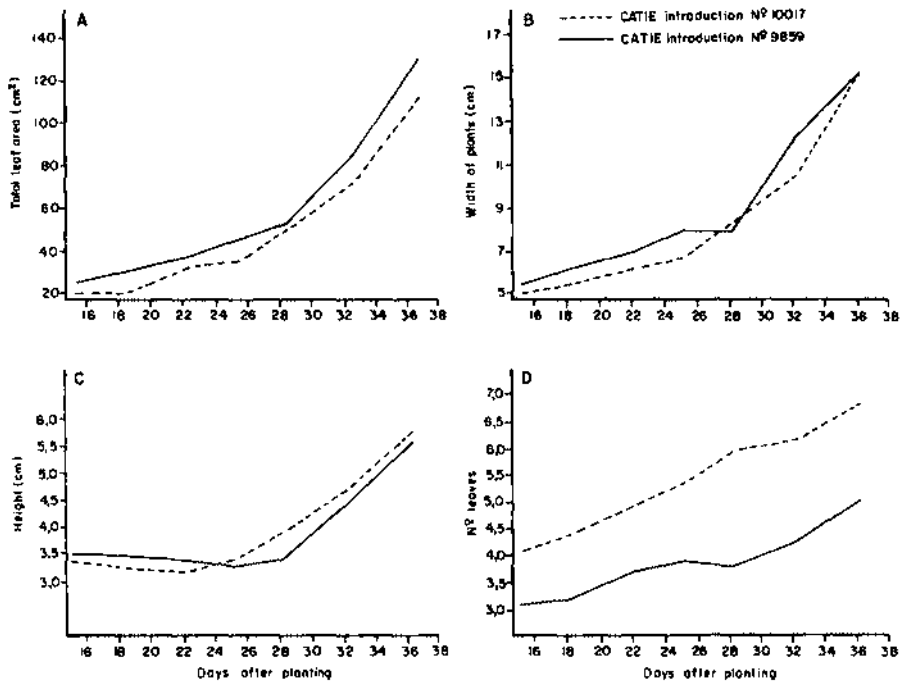


Figure 7: Growth of the CATIE Introduction #10017 after 36 days under greenhouse conditions: a) Foliar area, b) Width of plants, c) Height of plants and d) Number of leaves.



Figure 8: Plants of Cocoyam in conditions of full sunlight.

T I M E I N W E E K S						
4	8	12	16	20	24	28

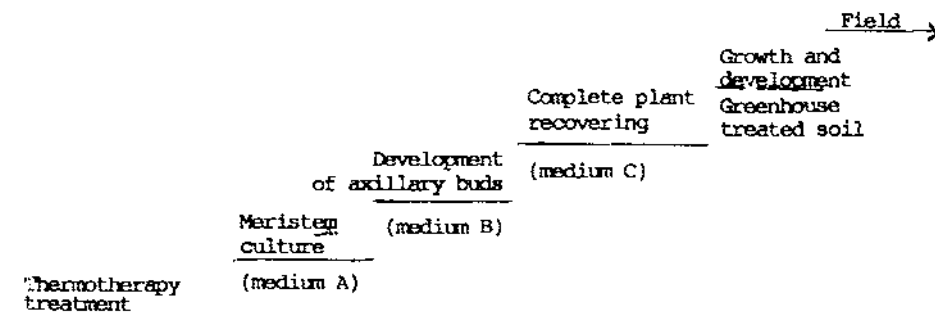


Figure 9: Time scale (approximate) for culture initiation in vitro micropropagation, complete plant recovering, growth and development and field plantation of 26 genotypes of cocoyam.



Figure 10 Electron micrograph of Dasheen Mosaic Virus.
30.000X.



Figure 11 Purple Cocoyam coming from meristem culture (left) and the
same genotype with virus symptoms (right).

continues to suggest freedom from DMV. In addition, they are considerably more vigorous than plants of the same age and genotype propagated by conventional means (Fig. 11).

At present, the growth of these plants is being evaluated in several locations around Turrialba, Costa Rica. Attempts are being made to determine if reinfection by DMV can be avoided or delayed by planting at altitudes which would continue to allow for crop production.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research work was financed by the German Agency for Technical Cooperation (GTZ). Grateful acknowledgements are made to HUMBERTUS HEINZE, former Head of the Plant Genetic Resources Unit at CATIE, for his enthusiasm and support during this research project, to WERNER RODRIGUEZ for his continued interest and help in this work, to Dr. RAMON LASTRA for his assistance in virological techniques, and to Dr. ALEXANDER GRAF ZU STOLBERG for his assistance with the soil-establishment of plantlets. Special thanks go to E. SALAZAR and M.A. SALAZAR, two farmers from Guayabo of Turrialba, Costa Rica who provided us with the vegetative material for this study.

LITERATURE CITED

1. ABO EL-NIL, M.M. and ZETTLER F.W. 1976. Plant Science Letters 6:401-408.
2. ARDITTI J. and STRAUSS M.S. 1979. University of California Developmental Cell Biologie. Irvine, Ca. 92717.
3. ASOKAN M.P., O'HAIR S.K. and LITS R.E. 1984. HortScience 19(6):885-886.
4. CORDENS M., BEALE A. and GREEN J. 1983. Center for Tropical Agriculture. International programs. I.F.A.S. University of Florida in cooperation with CATIE and University of Hawaii. PP. 18-20.
5. CHASE A.R., ZETTLER F.W. and STRAUSS J.F. 1981. University of Florida. I.D.A.S. Circular S-280. 7 p.
6. HARTMAN R.D. 1974. Phytopathology 64:237-240.
7. HARTMAN R.D. et al. 1972. Proc. Florida State University. Hort. Soc. 85:404-409.

8. JARRET R.L., RODRIGUEZ W., and FERNANDEZ R. 1985. *Scientia Horticulture*, 25:137-147.
9. JARRET R.L., SALAZAR S. and FERNANDEZ R. 1984. *HortScience* 19(3):397-398.
10. LITZ R.E. and CONOVER R.E. 1978. *HortScience* 18(6):656-660.
11. MURASHIGE T. and SKOOG F. 1982. *Physiol. Plant.* 15:473-479.
12. PLUCKNEET D.L. 1976. Edible aroids In : *Evolution of Crops Plants*, N.W. SIMMONDS (ed.). London. pp. 10-12.
13. RAMIREZ P. 1983. Center for Tropical Agriculture. International programs. I.F.A.S. University of Florida in Cooperation with CATIE and University of Hawaii. p.22-23.
14. SALAZAR S. 1983. Center for Tropical Agriculture. International Programs I.F.A.S. University of Florida in cooperation with CATIE and University of Hawaii. p. 24.
15. SALAZAR S. 1985. Tissue Culture in the Plant Genetic Resources unit at CATIE (In Press).
16. STARITSKY G. 1974. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter. University of Hawaii. 7:38-39.
17. VOLIN R.B. and ZETTLER F.W. 1976. *HortScience* 11:459-460.
18. ZETTLER F.W. and ABO EL-NIL M.M. 1979. *J. Heredity* 70:433-435.
19. ZETTLER F.W. et al. 1980. *Acta Horticulture* 110:259-263.

BILAN DE CINQ ANNEES DE PRODUCTION, EN GRANDE CULTURE,
SUR LA VARIETE FLORIDO (D. ALATA), DANS LA REGION CENTRE
DE LA COTE D'IVOIRE

*Evaluation of five years of large scale production of the variety
Florido (Dioscorea Alata) in the Ivory Coast*

DUMONT R. *
JEANTEUR P.**

* Ingénieur CIRAD-IRAT, détaché à l'IDESSA, B.P. 633 BOUAKE
COTE D'IVOIRE

** Agronome SODEFEL, B.P. 239 BOUAKE COTE D'IVOIRE

RESUME

Cinq années successives de culture, en vraie grandeur et quelques résultats expérimentaux permettent de dégager des informations concernant la production de l'igname Florido dans un système d'agriculture modernisé.

Sur le plan technique, il apparaît que l'augmentation du rendement est subordonnée à des améliorations portant sur trois points. Ce sont l'époque de plantation, le matériel de reproduction et la sécurité dans l'alimentation hydrique de la culture.

Sur le plan économique, l'étude réalisée permet d'approcher le prix de revient de l'igname en culture semi-mécanisée et de déterminer le seuil de rendement compatible avec la rentabilité de la production.

SUMMARY

The Florido cultivar has been multiplied since 1980 on the SODEFEL farm in Tiebissou to be then released for the producers. The technical and economic balance of this operation is presented.

Technically, important yield variation between years have been observed. An explanation of this phenomenon is investigated through climatic factors, cultural technics and information drawn from the local experiment undertaken in 1984.

Economically, the experience from several campaigns permits to study the cost price of yam in half-mechanized production and to determine a minimum yield compatible with production rentability.

INTRODUCTION

Les études sur l'igname conduites par l'IRAT Côte d'Ivoire, entre 1970 et 1980, ont mis en évidence l'intérêt de la variété Florido fournie par la station de Mayaguez (Porto Rico). Par rapport aux *D. alata* cultivées traditionnellement, en Côte d'Ivoire, Florido apporte quatre avantages importants qui sont :

- . Productivité plus élevée (50 % au moins)
- . Levée rapide d'où possibilité de réduire le volume des boutures et conséquemment de diminuer la partie de la production à réserver pour la plantation.
- . Résistance au flétrissement et à l'Internal Brown Spot (IBS)
- . Facilité de récolte (manuelle ou mécanique).

Compte tenu de cet ensemble d'avantages, il a été jugé utile de diffuser la variété Florido en milieu paysan où la production des *D. alata* concerne environ 185.000 ha soit, à peu près 60 % des surfaces consacrées à l'igname en Côte d'Ivoire. La multiplication a été engagée, en 1980, sur le périmètre agricole de Tiébissou. Au début de 1985, après 5 campagnes de multiplication, on dispose de nombreux renseignements recueillis en grande culture. Quelques résultats expérimentaux ont également été obtenus à partir d'une petite série d'essais agronomiques mise en place, en 1984, à la demande de la SODEFEL (Société des Fruits et Légumes) qui gère le périmètre agricole depuis 1981.

II INFORMATIONS GENERALES

2.1 Caractéristiques de la zone de culture

2.1.1. Cadre géographique

Le périmètre agricole SODEFEL de Tiébissou est situé à 30 kms au Nord de Yamoussoukro (capitale administrative de la Côte d'Ivoire) et à 70 kms au Sud de Bouaké, quasiment au niveau du 7ème parallèle Nord.

Tiébissou se trouve au coeur de ce qu'on appelle communément le V Baoulé en Côte d'Ivoire. C'est une région qui est regardée comme particulièrement ingrate pour l'agriculture.

2.1.2. Pluviométrie

La pluviométrie moyenne est de l'ordre de 1100 mm. Les pluies utiles, pour l'agriculture, commencent en Mars et se terminent début Novembre. La distribution des pluies mensuelles est nettement bimodale. Les maxima se situent en Juin et en Septembre, ils sont séparés par une petite saison sèche qui intervient en Juillet ou en Août. Cette présentation est cependant très schématique. En fait, la pluviométrie du V Baoulé est caractérisée par une variabilité considérable. Cette variabilité se traduit par d'importantes fluctuations dans les totaux pluviométriques annuels (entre 1923 et 1975, l'ASECNA enregistre une fourchette allant de 784 à 1757 mm pour la ville de Bouaké) et une très grande fréquence dans l'apparition des périodes de sécheresse à l'intérieur de la saison pluvieuse.

2.1.3. Pédologie

Les sols ferrallitiques indurés dominent sur le périmètre SODEFEL de Tiébissou. Leur profondeur varie entre 40 et 80 cm. Ils reposent sur une carapace qui affleure localement. La granulométrie montre une nette prédominance des éléments sableux en surface (70-75 %) et un pourcentage d'argile qui augmente régulièrement avec la profondeur pour atteindre un maximum de 35 %. La quantité de matière organique est inférieure à 1 % ce qui limite très fortement la capacité d'échange. Le pH varie de 6,4 en surface à 5,0 en profondeur.

2.2. Techniques culturales

Le labour et le billonnage sont effectués mécaniquement.

La plantation est manuelle, elle utilise des fragments de tubercules pesant, individuellement, 200 g environ. Compte tenu des pertes inévitables, il faut approximativement 2,7 t de tubercules pour planter 1 ha ce qui correspond à une densité voisine de 12000 plantes/ha.

Le contrôle des mauvaises herbes est réalisé chimiquement à l'aide de la métribuzine utilisée en préémergence à la dose de 1400 g m.a/ha.

L'igname n'est pas irriguée en cours de végétation bien que le périmètre SODEFEL dispose d'un barrage dont la capacité utilisable est estimée à 10 millions de m³.

La récolte a été réalisée mécaniquement jusqu'en 1982 mais on est revenu, ensuite, à la récolte manuelle jugée moins coûteuse et surtout moins dommageable pour les tubercules.

Après la récolte, les ignames sont conservées dans des cribs à maïs jusqu'en Avril/Mai. La mise en conservation est précédée par un traitement chimique pour assurer la protection contre les insectes et les pourritures.

III PRESENTATION DE L'ETUDE REALISEE

Le travail que nous présentons, ici, se propose d'examiner l'expérience de Tiébissou sous deux aspects différents.

D'abord, on s'attachera au côté technique de la production en essayant de déterminer quels sont les facteurs qui influencent le rendement et aussi le nombre de tubercules par plante. Ce second critère conditionne l'aspect qualitatif de la production. On touche, ici, à un des points faibles de la variété Florido. Cette igname produit 1 à 8 tubercules par plante. Une telle variabilité est un inconvénient majeur. Elle détermine une forte hétérogénéité dans le calibre des tubercules et quand les conditions de culture deviennent défavorables, elle conduit à une proportion élevée de petites tubercules inutilisables pour le commerce ou voire même pour l'alimentation.

Ensuite, on abordera le domaine économique. Les différentes composantes du coût de production seront détaillées pour parvenir finalement à évaluer le prix de revient de l'igname produite dans les conditions de Tiébissou.

IV METHODES DE TRAVAIL

4.1. L'aspect technique de la production

4.1.1. Les facteurs qui influencent le rendement

On exploite deux catégories d'informations qui se situent sur des plans différents.

1. Les rendements moyens, obtenus sur chacune des 5 années de production, sont comparés à la lumière des différentes variables que représentent les conditions de culture. Une telle approche ne permet évidemment pas une analyse très fine mais elle présente l'avantage de concerner le cadre réel de l'agriculture avec toute sa charge de variabilité.

2. Les résultats recueillis sur deux expérimentations conduites au sein des blocs de culture. Ces expérimentations sont tournées vers deux objectifs.

- Mesurer l'influence du type de bouture utilisé et de l'époque de plantation sur la levée et le rendement. L'expérimentation compare trois calibres différents de petits tubercules entiers par rapport aux fragments de tubercules employés, traditionnellement, pour la reproduction. Cette comparaison est combinée avec deux dates de plantation.

- Vérifier si la fumure N110. P36. K126 utilisée, en

1984, est suffisante pour parvenir à un rendement élevé. L'expérimentation met en jeu une fertilisation NK complémentaire à des niveaux variés et à des époques différentes sur un essai planté avec des petits tubercules entiers.

4.1.2. Les facteurs qui influencent la quantité des tubercules par plante

Le caractère nombre de tubercule par plante pour lequel on a défini, préalablement, 5 classes (1,2,3,4 et plus de 4 tubercules) a été examiné à travers trois études de distribution qui correspondent aux expérimentations suivantes.

. L'essai dates de plantation x types de boutures que nous avons présenté, précédemment. Les données ont été séparées en deux groupes qui ont été traités indépendamment. Ils concernent respectivement les fréquences relevées dans les classes 1 à 3 tubercules/plante et les fréquences correspondant à plus de 3 tubercules/plante. Dans les deux cas, l'analyse de la variance a été réalisée sur les résultats transformés en $\text{Arc sin } \sqrt{x/100}$.

. Une comparaison entre deux populations obtenues en séparant une partie de la récolte 1983 en deux catégories, l'une venant de plantes ayant fourni 1 ou 2 tubercules et l'autre rassemblant les individus ayant produit plus de 2 tubercules. L'expérimentation a été conduite exclusivement avec des têtes de tubercules afin de limiter la variabilité le test du X^2 a été utilisé pour mesure la liaison entre les deux populations étudiées.

. Une comparaison entre des portions différentes du tubercule. On est parti de 588 tubercules pesant individuellement 500 g environ. Ces tubercules ont été coupés transversalement en deux fragments de poids sensiblement égaux. Les têtes et les queues de tubercules, ainsi obtenus, ont été plantés côte à côte. La distribution de fréquences relative au nombre de tubercules par plante a été établie pour chacune des deux séries. Celles-ci ont été, ensuite, comparées en utilisant le test du X^2 .

4.2. L'aspect économique de la production

Les coûts de production ont été chiffrés avec précision à l'issue de chaque campagne. Cependant, on se limitera aux informations recueillies en 1984. Ceci pour deux raisons. D'une part, les techniques culturales ont fait l'objet de plusieurs réajustements au cours des cinq années qui couvrent l'expérience de Tiébissou et d'autre part, les facteurs économiques se sont modifiés au point que l'approche de la situation actuelle ne peut valablement être tentée qu'à partir des chiffres les plus récents.

Deux précisions doivent être apportées concernant les évaluations qui sont présentées.

. Les coûts de production ne font intervenir ni l'amortissement du matériel mécanique ni la rémunération du personnel d'encadrement.

. Le prix de revient de la production commercialisable est établi en déduisant la partie de la production qui est nécessaire pour la reproduction et en tenant compte des pertes en conservation estimées à 25 % de la quantité stockée.

V ETUDE DES OBSERVATIONS ET RESULTATS

5.1. Aspects Techniques de la Production

5.1.1. Relations entre le rendement et les facteurs culturaux (annexe 1)

Aucune liaison nette ne se dégage entre, d'une part, le rendement et d'autre part, le précédent cultural, l'époque de plantation, le niveau de fertilisation ou la densité de plantation. Cette absence de relation tient, probablement en partie, à ce que la série d'observations est très limitée.

Le rendement apparaît, par contre, fortement tributaire de la quantité de pluie reçue pendant la phase végétative. Les deux variables sont corrélées positivement au seuil de 0,001 et en outre, le rendement est lié à la pluviométrie par une relation linéaire.

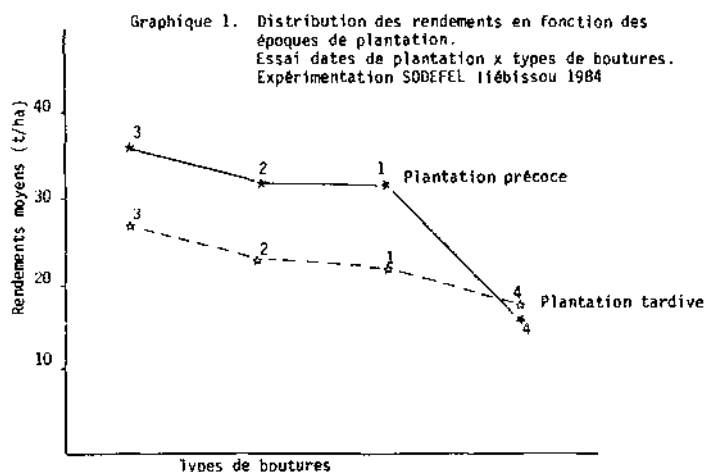
5.1.2. Résultats expérimentaux

5.1.2.1 Résultats concernant le rendement

5.1.2.1.1. Epoque de plantation et types de boutures utilisés (annexes 2)

Au niveau de la levée, il existe une interaction significative entre le type de bouture et l'époque de plantation. La levée diminue de façon significative quand on utilise des fragments de tubercules en plantation précoce. L'écart dépasse 26 % par rapport à la plantation tardive pour le même type de bouture. Le phénomène est facile à expliquer. En cas de fragmentation précoce, les portions du tubercule éloignées de la tête sont encore dormantes à des degrés divers ; leur levée nécessite un temps plus long qui accroît leur vulnérabilité, à la déshydratation aux pourritures et aux insectes.

Sur le plan du rendement, le graphique 1 permet de visualiser les écarts existant entre les différents sous-traitements.



Les rendements obtenus, en plantant précocement des petits tubercules entiers, se détachent nettement et de fait, le test de DUNCAN les sépare statistiquement des autres sous-traitements. Il est possible d'aller plus loin encore dans l'analyse des résultats. Si on applique la méthode des contrastes aux rendements enregistrés sur la plantation tardive, les fragments de tubercules apparaissent significativement inférieurs aux petits tubercules entiers ($F = 58,1$ avec 1 DL). En définitive, l'expérimentation montre que le rendement est influencé, à la fois, par l'époque de plantation et le type de bouture utilisé. Ainsi, les rendements moyens se séparent de la façon suivante;

Petits tubercules entiers en plantation précoce.....33,3 t/ha

Petits tubercules entiers en plantation tardive.....24,2 t/ha

Fragments de tubercules.....16,9 t/ha

5.1.2.1.2. Effets de la fertilisation complémentaire

La fertilisation complémentaire n'augmente pas la production. La fumure de base (N110. P36. K126) assure un rendement de 31 t/ha. Ces résultats ne paraissent, cependant, pas généralisables. Ceci, pour deux raisons.

D'abord, l'expérimentation fait intervenir une plantation précoce et des petits tubercules entiers. L'influence prépondérante de ces deux facteurs, sur le rendement, vient d'être démontrée; il est fort possible qu'elle diminue la réponse à la fertilisation.

Ensuite, on peut soupçonner l'existence d'une fertilité résiduelle importante au niveau de bloc de culture utilisé pour l'expérimentation. Si on se base sur les travaux de LE BUANEC (1974), la production de 31 t de tubercules immobili-

serait respectivement 140 kg d'Azote, 15kg de Phosphore et 170 kg de Potassium. La fumure de base, apportée en 1984, apparaît insuffisante en matière d'Azote et de Potassium pour couvrir les besoins théoriques de la production obtenue.

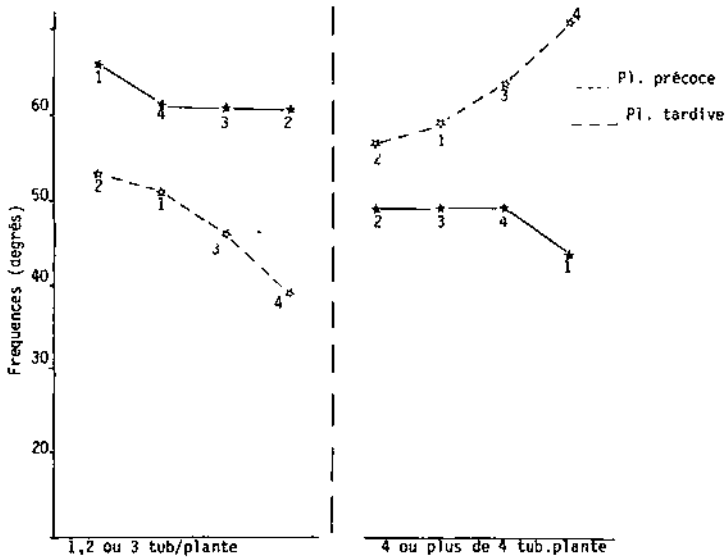
5.1.2.2. Résultats concernant la variabilité du nombre de tubercules par plante

Les fluctuations au niveau du nombre de tubercules par plante semblent avoir plusieurs origine.

1. L'étude des distributions de fréquences dans l'essai combinant les dates de plantation et les types de boutures permet d'établir le graphique 2 à partir des résultats rassemblés dans l'annexe 3. Ce graphique montre clairement que dans les conditions de l'expérimentation 1984, un décalage de 6 semaines dans la plantation inverse les distributions relatives au nombre de tubercules par plante. En particulier, la plantation tardive augmente fortement le nombre de tubercules par plante. Le calcul statistique confirme les idées qui se dégagent du graphique. Les dates de plantation sont séparées significativement dans les deux cas examinés.

2. Les résultats obtenus en comparant les deux populations créées artificiellement (annexe 3.2) laissent supposer qu'une partie de la variabilité observée pourrait être de nature génétique.

3. Enfin, il apparaît (annexe 3.3) que la fragmentation, du tubercule, pour obtenir du matériel de multiplication, joue également un rôle important dans les fluctuations qui se manifestent au niveau de nombre de tubercules par plante.



Graphique 2. Fréquences observées concernant le nombre de tubercules par plante
Essai dates de plantation x types de boutures
Expérimentation SODEFEL Tibébissou 1984.

5.2 Aspects Economiques de la Production

5.2.1. Décomposition du coût de production, par ha de culture, en 1984

<u>Opération mécanisées</u>	<u>durée (heures/ha)</u>	<u>coût/ha/CFA*</u>
Cyrobroyage	1,0	4 000
Destruction Imperata (Tiller)	1,0	4 800
Pulvérisage lourd	3,0	14 400
Labour	6,0	28 800
Pulvérisage léger	1,0	4 000
Epandage fumure de fond	0,7	2 800
Billonnage	3,0	12 000
Traitement herbicide	1,0	4 000
Transport (boutures et engrais)	2,0	6 400
Entretien chemins	0,3	1 200
Transport récolte	12,0	38 400
	30,0	120 800

<u>Opérations manuelles</u>	<u>durée (journées/ha)</u>	<u>coût/ha/CFA</u>
Préparation du sol	4,0 x 775 F	3 100
Préparation boutures	9,0	6 975
Plantation	31,0	24 025
Désherbage	25,0	19 375
Apport complémentaire d'azote	10,0	7 750
Irrigation avant récolte	3,5	2 712
Arrachage	22,0	17 050
Ramassage-chargement	41,0	31 775
Triage-stockage	60,0	46 500
Entretien stockage (égermage)	5,0	3 875
Déstockage et chargement	15,0	11 625
	225,5	174 762

Intrants

Engrais (550 kg)	57 050 CFA
Herbicide (2 l)	22 000
Irrigation avant récolte (4000 m ³ x 40 F)	16 000
Insecticides et fongicides protection tubercules stockés	11 000
	106 050

Amortissements

Caisses de ramassage (80 unités/ha) x 28 000 F pour 4 ans)	56 000 CFA
Crib (150 000 F pour 5 ans)	30 000
	86 000
Coût total pour une production brute de 20,4 t/ha arrondi à	487 612
	487 600 CFA

* 1 dollar US = 475 CFA au 15.05.85.

5.2.2. Formation du prix de revient (par t après 3 mois de stockage)

Production brute moyenne par ha	20,4 t
Pertes (déshydratation, catabolisme, divers) 25 %	5,1 t
Différences.....	15,3 T
Prélèvement tubercules semences pour 1 ha.....	2,7 T
D	
Différence.....	12,6 t
Prix de revient de la tonne commercialisable $\frac{487\ 600\ \text{F}}{12,6\ \text{t}} = 38\ 700\ \text{F}$	

5.2.3 Marge bénéficiaire (F CFA) correspondant à la commercialisation de 12,6 t d'ignames (estimation en fonction de 5 hypothèses de prix).

Prix de vente (F/t)	30 000	40 000	50 000	60 000	70 000
Revenu brut (F)	378 000	504 000	630 000	756 000	882 000
Revenu net (F)	- 109 600	16 400	142 400	268 400	394 400
Rentabilisation (%)	- 22,5	3,4	29,2	55,0	80,9

5.2.4 Commentaires concernant l'économie de la production

Le suivi détaillé des opérations culturales, réalisé en 1984, permet de dégager trois informations principales.

. Il apparaît des dépenses non négligeables qui échappent souvent, à la comptabilité dans le calcul du prix de revient. Elles concernent le transport des intrants et de la récolte. Elles représentent, environ, 10 % du coût de production obtenu en 1984.

. La conservation pèse lourdement sur le prix de revient. Dans les conditions de la campagne 1984, elle coûte 10 400 F par tonne d'ignames commercialisables ce qui correspond à 27 % du prix de revient.

. Si on se base sur un prix de vente de 50 000 F par tonne, il faut un rendement brut/ha moyen proche de 17 t pour équilibrer les dépenses engagées dans la culture. Il apparaît ainsi que trois des cinq campagnes de production conduites sur Tiébissou, ont été plus ou moins largement déficitaires sur le plan financier.

6 - CONCLUSIONS

L'expérience conduite, à Tiébissou, a permis d'approcher, en grandeur réelle et pendant cinq campagnes successives, les différents problèmes liés à la production de l'igname dans un système d'agriculture modernisé. A notre connaissance, il y a peu d'exemples de ce genre en Afrique de l'Ouest. Aussi, les quelques enseignements principaux qui peuvent être dégagés de cette étude, ont-ils probablement un côté original. Nous les résumons en quatre points.

1. Il apparaît que l'igname peut être produite, de façon économiquement rentable, dans un système d'agriculture modernisé. Cette conclusion est particulièrement importante à souligner car exception faite pour le riz aquatique, il n'y a pas d'autre culture vivrière qui puisse, pour le moment, supporter le coût de la mécanisation lourde.

2. L'irrégularité de la pluviométrie constitue un risque inacceptable en culture modernisée compte tenu du niveau de rendement élevé qui est nécessaire pour équilibrer les investissements financiers. La production intensive de l'igname paraît donc bien subordonnée à l'irrigation non seulement pour corriger les déficits hydriques éventuels en cours de végétation mais aussi afin de permettre la plantation précoce qui est un facteur déterminant dans la formation du rendement.

3. La part importante des coûts de conservation, dans le prix de revient, hypothèque considérablement la rentabilité de la production. Trois solutions sont envisageables pour corriger cette situation. Ce sont l'amélioration des techniques de conservation pour limiter les pertes, la transformation industrielle immédiatement après la récolte et le remplacement de la Florido par une variété dotée d'une meilleure aptitude à la conservation ou s'écoulant plus précocement sur le marché.

4. L'expérimentation a montré l'intérêt du petit tubercule entier pour la multiplication de l'igname. Ce type d'élément reproducteur apparaît comme un facteur essentiel pour l'intensification de la production. Il permet une plantation précoce indispensable pour obtenir un rendement élevé, il a une potentialité de production supérieures aux boutures utilisées traditionnellement et il limite la variabilité relative au nombre de tubercules par plante qui est un phénomène dont nous avons, précédemment, souligné les inconvénients. En outre, l'expérimentation conduite depuis plusieurs années, sur différentes variétés ou espèces d'ignames, indique que les pertes occasionnées par les insectes et les pourritures affectent beaucoup moins les petits tubercules que les gros. Toutes ces considérations conduisent à envisager l'organisation d'une véritable production semencière destinée à fournir des petits tubercules

pour la plantation. Cette idée ne concerne pas, seulement, le cultivar Florido. Elle doit être étendue à toutes les variétés de *D. alata* et de *D. cayenensis* qui occupent une place importante dans la culture commerciale. Elle implique une opération spécifique venant en amont de la production de consommation dont elle doit se trouver complètement dissocié. On aboutirait, ainsi, au schéma suivi pour la pomme de terre dans les pays tempérés avec, sans doute, ses contraintes mais aussi, sûrement, ses avantages. En particulier, la production semencière permet d'envisager deux progrès importants. L'un est la mécanisation de la plantation. L'autre concerne la possibilité d'améliorer l'état sanitaire du matériel végétal en passant périodiquement par la culture de méristèmes pour éliminer les maladies virales qui constituent un problème majeur chez beaucoup d'ignames.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1976. Etude des sols de la vallée du Kan. Projet Pédologie IVC/74/004 PNUD-FAO-AVB.
- DUMONT, R. 1984. Expérimentation Ignames. Rapport analytique de la campagne 1984 IDESSA Bouaké.
- LE BUANEC, B. 1974. Absorption et exportation des éléments majeurs de l'igname. Communication présentée à la réunion d'Agronomie IRAT, Paris, Juillet 1974.
- MOREL R. et RAOULT B. 1980. Agroclimatologie de la Côte d'Ivoire. Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan. Abidjan.
- SODEFEL Tiébissou, 1981 Résultats et observations
 1982, Résultats et observations
 1983 Résultats et observations
 1984 Résultats et observations

Annexe 1

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES CULTURALES DES CAMPAGNES ETUDIEES

Campagne Caracté- ristiques cultu- rales	1980	1981	1982	1983	1984
Surface cultivée (ha)	20	10	9	44	51
Précédent cultural	Jachère	Riz pluvial succédant à la jachère	Maïs	Ananas 1/4 Jachère 3/4	Ananas
Epoque de plantation	15.04 au 15.05	10.05 au 20.05	15.04 au 06.05	10.04 au 05.06	07.04 au 05.06
Densité de plantation (nombre plantes/ha)	10.500	10.500	10.500	11.800	11.800 15.500
Fertilisation (unités N.P.K/ha)	90/36/120	90/36/120	85/72/72	85/72/72	110/36/126
Pluviométrie annuelle (mm)	1140	787	846	592	1104
Quantités de pluie (mm) entre la plantation et la maturité	876	656	648	520	908
Rendement moyen (Qtx/ha)	195	100	96	57	204

Annexe 2

ETUDE DES PARAMETRES DU RENDEMENT

1. Expérimentation dates de plantation x types de bouturesSchéma de l'expérimentation

Essai factoriel 2 x 4 disposé en split plot. 3 répétitions

Parcelles principales : date de plantation - A : 7 Avril 1984

- B : 19 Mai 1984

Parcelles secondaires : types de boutures

- 1 Tubercules entiers $\pm$ 175g

- 2 Tubercules entiers $\pm$ 225g

- 3 Tubercules entiers $\pm$ 275g

- 4 Fragments de tubercules $\pm$ 225g

Surface de la parcelle secondaire : 208 m²

Effectif théorique par parcelle secondaire : 200 plantes.

Résultats

Dates de plantation	A				B			
Types de boutures	1	2	3	4	1	2	3	4
Nombre de plantes levées sur 208 m ²	171	173	173	135	182	168	189	184
Rendements (t/ha)	31,78	31,92	36,23	16,46	21,97	22,93	27,74	17,34

Annexe 3

ETUDE DE LA VARIABILITE RELATIVE AU NOMBRE DE TUBERCULE PAR PLANTE

1. Epoques de plantation et types de boutures utilisées1.1. Fréquences observées dans les classes de 1, 2 ou 3 tubercules par planteRésultats moyens (exprimés en degrés)

<u>A1</u>	<u>A2</u>	<u>A3</u>	<u>A4</u>	<u>B1</u>	<u>B2</u>	<u>B3</u>	<u>B4</u>
56,35	50,86	50,93	51,42	40,98	43,42	35,86	29,33

Test de DUNCAN appliqué à tous les sous-traitements

<u>A1</u>	<u>A2</u>	<u>A3</u>	<u>A4</u>	<u>B1</u>	<u>B2</u>	<u>B3</u>	<u>B4</u>
a	ab	ab	a	c	bc	cd	d

1.2. Fréquences observées dans les classes 4 ou plus de 4 tubercules par plante.Résultats moyens (exprimés en degrés)

<u>A1</u>	<u>A2</u>	<u>A3</u>	<u>A4</u>	<u>B1</u>	<u>B2</u>	<u>B3</u>	<u>B4</u>
33,65	39,14	39,07	38,58	49,02	46,58	54,14	60,67

Test de DUNCAN appliqué à tous les sous-traitements

<u>A1</u>	<u>A2</u>	<u>A3</u>	<u>A4</u>	<u>B1</u>	<u>B2</u>	<u>B3</u>	<u>B4</u>
d	cd	cd	d	b	bc	ab	a

2. Comparaison entre populationsDistribution de l'effectif observé en fonction des 5 classes définies pour le nombre de tubercules par plante.

Classes Types de tubercules plantés	1 t	2 t	3 t	4 t	> 4t	Effectif total
issus de plantes ayant produit 1 à 2 tubercu- les	178	295	278	160	168	1079
issus de plantes ayant produit plus de 2 tu- bercules	145	258	315	206	210	1134

$$\chi^2 = 17,24 \quad S. 99\%$$

Annexe 3 (suite)

3. Influence du type de bouture

Distribution de l'effectif observé en fonction de 5 classes définies pour le nombre de tubercules par plante.

Classes Types de boutures	1 t	2 t	3 t	4 t	> 4 t	Effectif total
Tête de tubercule	59	96	140	91	155	541
Queue de tubercule	38	46	51	68	239	442

$$\chi^2 = 75,6 \quad \text{S. 99\%}$$

THE PERFORMANCE OF MAIZE/YAM INTERCROP GROWN WITH REDUCED LABOUR INPUT, USING HERBICIDAL WEED CONTROL AND NO STAKES

I.C. ONWUEME

Federal University of Technologie,
Owerri, NIGERIA

SUMMARY

Yam being grown without stakes and with herbicide weed control (ametryne 4 kg a.i./ha + paraquat 1 kg a.i./ha) was intercropped with maize. The intercropping situation resulted in increased lodging of the maize, a lower number of cobs per plot, and a lower maize grain yield per hectare. Yam yield, however, was not significantly altered by intercropping. The land Equivalent Ratio for the intercropping situation was 1.62, indicating that intercropping, under these circumstances, was beneficial.

In a subsidiary experiment, it was found that large bulbils (over 100 g) yielded significantly less underground tuber than small (under 50 g) or medium (50-100 g) bulbils.

The implications of these and foregoing results for reducing the labour and cost of yam production, are discussed.

RESUME

Une culture d'igname non tuteurée, avec désherbage chimique (ametryne 4 kg m.a/ha + paraquat 1 kg m.a/ha) a reçu du maïs en intercalaire. Cette association provoque l'accroissement de la verse, la réduction du nombre d'épis par parcelle et du rendement en grain du maïs à l'hectare. Par contre l'association ne modifia pas significativement le rendement de l'igname. Le rapport d'équivalence des surfaces (LER) pour la culture intercalaire a été de 1,62, traduisant l'avantage de la culture intercalaire dans ces conditions.

Une expérimentation subsidiaire montre que de grosses bulbilles (plus de 100 g) produisaient significativement moins de tubercules souterrains que des bulbilles petites (moins de 50 g) en moyenne (50-100 g).

Les implications de tous ces résultats dans la réduction de la main d'oeuvre et celle du coût de production de l'igname sont discutées.

INTRODUCTION

Faced with the laboriousness and high cost of yam production, the authors (assisted by a grant from the International Foundation for Science, Stockholm, Sweden) embarked on a series of experiments with the overall aim of reducing the labour and cost of yam production. The first set of experiments led to a labour-saving production package in which herbicidal weed control was combined with the absence of staking (ONWUEME & FADAYOMI, 1980). the package was refined further to show that nett yield per hectare was highest for large (300 g) setts at close spacing (30 cm), while reproductive coefficient was highest for small (100 g) setts (ORIUWA & ONWUEME, 1980).

This paper reports two further sets of experiments in the series. The first attempts to evaluate the newly-developed production package in the context of inter-cropping, which is still the prevalent practice among yam-growing farmers. The objective therefore was to evaluate whether the new yam production package (using herbicides and without staking) was efficacious where the yam was intercropped with maize.

Where yam cultivars normally grown for tuber also produce bulbils, it is possible to use the bulbils for commercial propagation, thus saving the tuber for consumption and reducing overall production costs for yam. It has been reported that larger bulbils produce healthier plants (MARTIN, 1974) and presumably higher yield, but the few experiments that have been reported have been concerned with *Dioscorea bulbifera* where the bulbil is the main aspect of yield. The second set of experiments here reported, therefore, aimed at ascertaining the influence of the weight of the planted bulbil on the yield of underground tuber realized, using a cultivar of *D. alata* in which the tuber is the main economic product.

MATERIALS AND METHODS

Setts of water yam (*Dioscorea alata* L. cv TDa 291) weighing 225 g each were planted at a spacing of 0.5 m on ridges that were 1 m apart. Two weeks after planting, a tank mix of paraquat at 1 kg ai/ha and ametryne at 4 kg ai/ha was applied to the plots. Three weeks after the yam was planted, maize (*Zea mays* cv FARZ 34) was planted between the yams. In other treatments, maize was planted on plots that had been treated with the herbicides, but had no yams in them, and on plots that had neither yams nor herbicides. Maize planting was at spacing of 0.3 m on the slopes of the ridges. Initially, about four maize seeds were planted per hole, but these were thinned down to two plants per stand when they were three weeks old. The control yam plots had been treated

with herbicide, but had no maize planted on them. A randomized complete block experimental layout was used, with each plot consisting of six ridges of length 7.5 m. Thus each plot contained 90 yam setts and/or 150 maize stands. The experiment was replicated four times.

No staking was done ; and except for those maize plots that had no herbicide, no weeding was done. Observations for degree of lodging in the maize were made when it was 8 weeks old. Maize was harvested at 19 weeks after sowing ; it was sun dried for 5 days, shelled, and then samples of it were oven-dried at 80°C to constant weight. Yam was harvested at 27 weeks after it was planted.

In the second set of experiments, bulbils were collected from existing plots of water yam (*Dioscorea alata* cv *Aponmpondenu*) and sorted into small (0-50 g), medium (51-100 g) and large (over 100 g) sizes. They were then planted out according to size classes and grown to maturity. The tubers were then harvested and weighed.

RESULTS & DISCUSSION

The results of the first set of experiments are presented in Table 1. Intercropping maize with yam resulted in a greater incidence of lodging of the maize, probably due to the yam vines which were climbing on the maize stalks. The number of cobs per plot as well as the yield of maize grain per plot were also reduced as a result of intercropping. It is probable that the reduced grain yield was partly due to the increased lodging and partly to the reduced number of cobs.

The yield of sole maize grown with or without herbicide did not differ significantly from each other. This implies that this particular herbicide combination might be suitable for routine maize production.

In contrast to maize, yam yields were not depressed by the intercropping situation, since the difference between the yields of intercropped yam and sole yam were not significant.

using the sole maize grown with herbicide as a basis, the relative yield of maize in the intercrop was 0.54 while that of yam was 1.08, thus giving a Land Equivalent Ratio (L.E.R.) of 1.62. This implies that with the production package used, the intercropping was considerably more advantageous than growing each of the crops alone.

Table 1 : Performance of intercrop of maize and unstaked yam with herbicidal weed control

Treatment	% lodged maize plants	No. of cobs per plot	Sun-dry wt. of shelled maize		Oven-dry of shelled maize		Yam yield	
			kg/plot	kg/ha	kg/plot	kg/ha	g/plot	kg/ha
Yam + herbicide	-	-	-	-	-	-	25482	5663
Yam + herbicide + maize	80	60	4.35	967	3.45	766	27505	6112
Maize + herbicide	32	103	8.05	1789	6.40	1422	-	-
Maize - herbicide	37	93	7.5	1567	5.63	1250	-	-

Relative Yield Maize = 0.54 (or 0.61)

" " Yam = 1.08

Land Equivalent Ratio = 1.62 (or 1.69)

Table 2 : Yield of tuber by various sizes of bulbill used as planting material

<u>Size Class</u>	<u>Mean yield of tuber/plant</u>
Small (under 50g)	1308g
Medium (50-100g)	1475g
Large (over 100g)	962g

The results of the experiment with bulbils are shown in Table 2. There was no significant difference in tuber yield between the small and medium-sized bulbils, but each of them yielded significantly higher than the large bulbils. This result runs contrary to the commonly-held view (COURSEY, 1976.

MARTIN, 1974 ; ONWUEME, 1978) that large bulbils would yield higher. It is probable that large bulbils may result in a greater yield of bulbils, with a possible reduction in the amount of photosynthate that is stored in the tuber. Nevertheless, these results seem to suggest that small bulbils perform at least as well as larger ones if they are to be used as planting material for tuber production.

The experiments reported here, as well as the preceding ones in the series, have established the distinct possibility for less costly and less laborious yam production, even under intercropping. What is now needed is further refinement and adoption of the recommended production package.

ACKNOWLEDGMENT

The work reported here was made possible by a grant from the International Foundation for Science, Stockholm, Sweden. For this, the author is deeply grateful.

LITERATURE CITED

1. COURSEY, D.G. (1967).- Yams. 230 pp. London : Longman.
2. MARTIN, F.W. (1974).- Tropical yams and their potential, Part 2. *Dioscorea bulbifera*. 20 pp. USAID Agriculture Handbook n° 466.
3. ONWUEME, I.C. (1978).- The tropical Tuber Crops. 234 pp. Chichester : Wiley.
4. ONWUEME, I.C. & O. PADAYOMI (1980).- A labour-saving system of yam (*Dioscorea* spp.) production through weed control with herbicides, the elimination of staking, and cropping at high density. *Journal of Agric Science (Cambridge)* 95 : 641-654.
5. ORIUWA, L.O. & I.C. ONWUEME (1980) : Determining the optimum spacing and set weight for growing yam (*Dioscorea* spp.) without stakes. *Quartely journal of International Agriculture*, 19 : 5-24.

CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT DE TROIS VARIETES D'IGNAMES
APPARTENANT AUX ESPECES DIOSCOREA CAYENENSIS,
D. ROTUNDATA ET D. ALATA EN COTE D'IVOIRE

*Growth and development of three yam varieties belonging to
species Dioscorea cayenensis-rotundata and D. alata in
Ivory Coast*

R. VANDEVENNE, D. CASTANIE
IRAT/CIRAD, B.P. 5035 Avenue du Val de Montferrand
34032 MONTPELLIER CEDEX France

INTRODUCTION

L'IRAT en Côte d'Ivoire a entrepris, sur sa station de Bouaké, des travaux de recherche sur l'igname (*Dioscorea* sp.) à partir de 1968 (annexes 5, 6, 7).

Dès le début de ces travaux il est apparu nécessaire de chercher à mieux comprendre la progression de la croissance et du développement des parties aériennes et souterraines de cette plante, notamment en fonction du calendrier cultural appliqué.

La plantation de l'igname en milieu paysan s'effectue généralement, pour des raisons très diverses, sur une période assez étalée qui est comprise entre la dernière partie de la saison sèche et la première partie de la saison des pluies. Pour faire apparaître les différences de comportement de l'igname en fonction du décalage des cultures, plusieurs dates de plantation ont été appliquées.

Durant trois années consécutives, de 1969 à 1971, une expérimentation a été conduite à Bouaké pour collecter un ensemble de données biométriques en vue de mieux connaître les aspects suivants de la vie de l'igname :

- le déroulement de la levée,
- l'évolution de la croissance du tubercule et l'époque du début de fort grossissement de celui-ci,
- la relation entre le développement des parties aériennes et celui des parties souterraines de la plante,

- l'époque à laquelle le tubercule réunit les conditions les plus favorables à un rendement optimum en poids et en matière sèche,

- la taille que peuvent atteindre les tubercules et la fréquence relative de chaque catégorie de taille.

MATERIEL ET METHODE

En Côte d'Ivoire les espèces de Dioscorées les plus largement cultivées sont *Dioscorea alata*, *Dioscorea rotundata* (ignames précoces et *Dioscorea cayenensis* (ignames tardives). Ces deux dernières espèces sont actuellement plus souvent désignées par une appellation commune qui les englobe sous le vocable de complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*.

Pour l'expérimentation, trois variétés appartenant chacune à l'une des espèces précitées et couramment cultivées dans la région de Bouaké ont été choisies :

- Lokpa pour *D. rotundata*
- Suidé pour *D. alata*
- Krengle pour *D. cayenensis*

Plusieurs dates de plantation ont été choisies

- 1969 : . 3 mai
- . 10 juin
- 1970 : . 15 mars
- . 15 avril
- . 15 mai
- 1971 : . 15 mars
- . 15 avril
- . 15 mai

Le matériel végétal utilisé à la plantation est constitué de semenceaux de seconde récolte pour Lokpa et de la partie proximale des tubercules-mères pour Suidié et Krengle, ces parties pesant entre 250 et 300 g.

Pour chaque date de plantation une récolte est effectuée mensuellement à partir du :

- premier mois après la plantation en 1969 jusqu' au 15 février 1970,

- troisième mois après la plantation en 1970 jusqu'au 15 janvier 1971,

- deuxième mois après la plantation en 1971 jusqu'au 15 janvier 1972.

L'essai est simple, sans répétition et sans randomisation des dates de récolte.

Pour chaque variété, chaque date de plantation comprend autant de lignes de 14m qu'il y a de date de récolte prévue, (chaque ligne comprend 7 plants). La plantation est effectuée sur billons écartés de 1.25 m, les semenceaux sont distants de 2m sur les billons. La culture est tuteurée.

Les conditions climatiques de la région de Bouaké sont caractérisées par un régime à deux saisons des pluies, la première de mars à juin, la seconde d'août à novembre. La durée et la répartition des pluies présentent des différences interannuelles élevées (annexes 1, 2, 3).

Pour les trois années durant lesquelles l'essai a été de :

- 1005 mm en 1969
- 1067 mm en 1970
- 1290 mm en 1971.

Les mesures de température indiquent des variations régulières d'une année à une autre avec un abaissement des températures maxima de juillet à septembre (annexe 4).

La durée de l'ensoleillement se caractérise par une période de réduction de celle-ci entre juillet et septembre.

Aux dates successives de récoltes les mesures suivantes sont effectuées sur chaque plante récoltée :

- durée de végétation, en nombre de jours de puis la levée,
- nombre total de feuilles
- somme des longueurs des axes aériens

- nombre de racines,
- poids frais de tubercules
- nombre de tubercules par plante.

La teneur en matière sèche des tubercules a été mesurée à partir d'un échantillon moyen de l'ensemble des tubercules récoltés à une date de récolte.

RESULTATS

A partir des mesures collectées durant trois années, nous avons essayé d'analyser différentes phases de la croissance et du développement de l'igname parmi lesquelles les trois suivantes seront développées :

- la levée,
- la date de début de tubérisation,
- la période de forte croissance du tubercule.

Observation de la levée

Les observations faites montrent des différences de comportement d'une année à une autre. Celles-ci peuvent avoir été influencées par les variations annuelles de pluviométrie, par celles de la durée de dormance ou par la taille de découpe des semenceaux. L'influence de l'un ou l'autre de ces facteurs, ou de l'ensemble de ceux-ci ajouté à d'autres non identifiés n'a pu être clairement mise en évidence, nous restons en la matière dans le domaine des hypothèses.

L'observation des fréquences de levée montre toutefois une tendance générale à une levée d'autant plus rapide que la date de plantation est tardive (annexes 5, 6, 7). L'année 1971, durant laquelle la pluviométrie n'a pas été limitante, reflète bien cette évolution des levées en fonction des dates de plantation.

Observations du début de la tubérisation

Avant d'aborder les observations qui découlent de l'essai proprement dit, on peut brièvement rappeler quelques réflexions ou conclusions qui ont inspiré certains auteurs ayant étudié ce processus.

R. VANDEVENNE (4-1976) a travaillé sur *D. cayenensis* et *D. alata* à Bouaké (Côte d'Ivoire). Le début de tubérisation était noté dès que le tubercule avait atteint la taille d'un petit pois. L'auteur conclut que :

- . la date de levée ne dépend pas de la date de bourgeonnement du tubercule-mère,

- . la date de tubérisation ne dépend pas de la date de bourgeonnement,

- . la date de tubérisation dépend de la date de plantation.

M. F. TROUSLOT (3-1983) a travaillé sur des ignames sur complexe *D. cayenensis-rotundata* à Adiopodoumé (Côte d'Ivoire). L'auteur a en particulier étudié l'apparition de "l'éclatement de la zone tubéreuse de revêtement du massif néoformé sur le tubercule-mère", qui correspond au premier signe visible de la tubérisation.

L'auteur observe que ce stade :

- . coïncide avec le début de la phase linéaire de croissance aérienne,

- . correspond à un stade de développement précis pour l'appareil aérien (nombre de feuilles constant).

R. DUMONT (2-1983) note que "l'époque de tubérisation ne paraît pas fortement influencée quand on avance la date de plantation. Ce genre de comportement laisse supposer que la tubérisation serait dans une grande mesure, assujettie à un facteur exogène qui pourrait être la durée du jour".

Dans l'analyse des résultats qui découlent du présent essai, il paraît utile de préciser que le niveau de précision des observations était peu élevé. En effet les récoltes étant mensuelles on note la tubérisation "T" si à la date de récolte "T-1" il n'y a pas de tubercule et si à la date "T" on observe des tubercules déjà développés. Le poids de ceux-ci pouvant à ce moment varier de 10 g à plus de 100 g.

De plus en 1970, les premières récoltes sont effectuées au troisième mois après la plantation, ce qui a amené à noter la tubérisation dès la première récolte.

Ceci étant nous avons reporté sur graphique l'âge de chaque plante en début de tubérisation (durée date de levée - date de récolte) selon les observations effec-

tuées durant les trois années, pour chaque variété (annexes 8, 9, 10).

La répartition des points sur les graphiques permet de noter les faits suivants :

a) Pour la variété Ikpa un comportement relativement précis. La tubérisation est notée, quelle que soit la date de plantation après 70 à 90 jours de végétation. Ce comportement est stable sur les trois années d'observation.

b) Pour la variété Krengle une grande variabilité dans la distribution des points.

En 1971 le début de tubérisation se situe de 90 à 110 jours après la levée, durée comparable à celle relevée par VANDEVENNE (4).

En 1969 et 1970 les comportements varient :

- en plantation de mars 1970, le début de tubérisation se situe à des dates très variables,

- en plantation d'avril 1970, le début de tubérisation est rapide et homogène après 90 à 100 jours de végétation,

- en plantation de mai 1969 et 1970, le début de tubérisation se manifeste 60 à 70 jours après la levée. On note là l'accélération du phénomène dans le cas d'une plantation tardive.

c) Pour la variété Suidié, rien de net ne se dégage. La durée levée/début de tubérisation varie de 40 à 100 jours

Observations sur la période de grossissement rapide du tubercule

Dans le but de pouvoir effectuer un rapprochement avec des observations similaires effectuées par ailleurs nous avons analysé le comportement comparé du grossissement du tubercule avec la croissance aérienne de la plante.

Ce comportement a été analysé par d'autres auteurs, M. CLAIRON et C. ZINSOU (1-1980) qui ont travaillé sur des plantations échelonnées de *D. alata* (cv Lupias) d'avril à septembre ont noté que "le temps mis pour atteindre le maximum de croissance aérienne" est de plus en plus court au fur et à mesure que les plantations sont plus tardives avec parallèlement une baisse de ce maximum.

M. F. TROUSLOT (3-1983) note une coïncidence entre le ralentissement de la croissance aérienne, l'accroissement optimal du tubercule et le ralentissement de la croissance aérienne.

Les observations faites entre 1969 et 1971 ont permis d'établir les parallèles entre ces deux critères selon les mois de plantation.

Dans le cas de Lokpa et de Krengle on observe bien dans l'ensemble le type de comportement coordonné entre développement des lianes et des tubercules tel qu'il a été indiqué par TROUSLOT.

Par contre pour Suidié on constate une tendance orientée vers un maintien de la croissance des lianes pendant et même après la période de grossissement des tubercules.

Par ailleurs, la période de fort grossissement des tubercules varie en général en fonction de la date de plantation et de l'année. Lorsque la plantation est tardive on observe que le démarrage du grossissement du tubercule est également retardé. Ce grossissement est par la suite prématurément arrêté par l'installation de la saison sèche, ce qui aboutit à une production plus faible en tubercules.

CONCLUSIONS

Malgré les limites du protocole énoncées dès le début, on doit noter que cet essai a eu l'avantage d'être pluri-annuel.

Dans l'ensemble des observations faites au cours de ces trois années d'étude de la croissance et du développement de l'igname, quelques unes peuvent être considérées comme reflétant un comportement régulier de la plante ; il n'en reste pas moins que, dans de nombreux cas il a fallu constater que la réaction de la plante est variable d'une année à une autre et d'une variété à une autre. Les raisons de ces variations n'ont pu être établies. Nous avons vu qu'une pluviométrie régulière semble intervenir sur le comportement de la plante, notamment sur la levée, en fonction des dates de plantation. On suppose que d'autres facteurs, tels que la température, l'hygrométrie de l'air, l'âge du tubercule-mère, la taille du tubercule-mère, l'hétérogénéité à l'intérieur même des variétés qui telles qu'elles ont été utilisées n'étaient pas des clones vrais, sont autant de facteurs qui peuvent intervenir seuls ou conjointement pour modifier le comportement des ignames d'une année à une autre.

Il paraît donc indispensable, si l'on veut obtenir des informations pertinentes sur la croissance et le développement de l'igname en culture :

- de disposer d'un matériel végétal très homogène (clônes, création variétale)

- d'étendre l'étude à un plus grand nombre de variétés pour chaque espèce afin de révéler des différences de comportement liées aux variétés,

de répéter en tout état de cause l'expérience sur plusieurs années, en particulier pour permettre de mieux faire apparaître l'incidence des différents facteurs climatiques.

- d'utiliser un plus grand nombre d'individus par traitement,

- d'adopter un dispositif statistique d'expérimentation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CLAIRON M. et ZINSOU C. 1980. Etude de plantations échelonnées d'Igname *Dioscorea alata* cv Lupias : effet du vieillissement du tubercule sur la croissance et le développement de la plante. Les colloques de l'INRA : l'Igname, Séminaire international. Pointe-à-Pitre, 28 juillet - 2 août 1980 p. 125-141.
- DUMONT R. 1983. Premiers résultats obtenus en matière de dé-saisonnement de la production de l'igname. Bouaké, IRAT/IDESSA, 6 p.
- TROUSLOT M.F. 1983. Analyse de la croissance et morphogénèse de l'igname *Dioscorea* complexe *D. cayenensis*-*D. rotundata*. Thèse d'université, U.E.R. de recherche scientifique et technique, Clermont-Ferrand, 247 p.
- VANDEVENNE R. 1976. Etude de l'influence des dates de tubérisation et de bourgeonnement des tubercules d'ignames (*Dioscorea* sp.) sur la date de levée au champ des semenceaux. L'Agronomie Tropicale, 1976, n° 2 p. 188-193
- INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DE CULTURES VIVRIERES, 1969. Rapport annuel 1969. Exploitation et cultures diverses. République de Côte d'Ivoire. IRAT, 109 p.

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES, 1970. Rapport annuel 1970. Exploitation et cultures diverses. République de Côte d'Ivoire. IRAT, 123 p.

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES, 1971. Rapport analytique 1971. Cultures diverses. Ministère de la Recherche Scientifique. République de Côte d'Ivoire. IRAT, 120 p.

RESUME

Entre 1969 et 1971, une expérimentation en conditions pluviales a été conduite à Bouaké, Côte-d'Ivoire sur trois variétés d'igname : Lokpa, Krengle et Suidié appartenant respectivement aux espèces *D. cayenensis*-*rotundata* et *D. alata*. Le dispositif a été réalisé en plantations échelonnées de mars à juin. Les mesures ont porté chaque mois sur les caractères des parties aériennes, des racines et des tubercules. Dans les conditions agro-climatiques de Bouaké, les plantations précoces apportent un gain de rendement notable pour Suidié, peu marqué pour Krengle, irrégulier pour Lokpa. Les plantations tardives par contre entraînent une baisse systématique du rendement. Sur le plan des incidences pratiques au niveau de l'agronomie, l'expérimentation montre l'intérêt des plantations précoces. On observe une grande variabilité des caractères mesurés, d'une part plante à plante et, d'autre part d'une année à l'autre, ce qui montre la nécessité d'observations pluri-annuelles. Les facteurs climatiques, et notamment les conditions d'ensoleillement, semblent influencer le comportement des variétés.

SUMMARY

Between 1969 and 1971, an experiment in rainy conditions has been carried out in Bouaké, Ivory Coast, on three varieties, Lokpa, Krengle and Suidié, belonging respectively to *D. cayenensis*-*rotundata* and *D. alata* species. Plantings have been staggered from March to June. Measurements concern the characteristics of aerial parts, roots and tubers. In agroclimatic conditions of Bouaké, early planting give noticeable yield gain for Suidié, little marked for Krengle, irregular for Lokpa. Late plantings bring about a systematic decrease of yield. As practical agronomic consequences, the experiment shows the interest of early plantings. The great variability of measured characteristics is observed from plant to plant and from one year to another, which shows the interest of early plantings. The great variability of measured characteristics is observed from plant to plant and from one year to another which shows the necessity of several years of observations. The climatic factors and radiation conditions seem to influence the behaviour of varieties.

Les valeurs inscrites dans le tableau ci-après indiquent les mois des périodes concernées (exemple 8^e mois de l'année soit août).

Variété Lokpa

Année et mois de plantation	1969		1970			1971		
	Mai	Juin	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
<u>Croissance aérienne</u>								
période où la longueur des lianes est au maximum	9	-	10	8	8	8	8	8
<u>Croissance tubercule</u>								
période de grossissement rapide	9-11	9-11	8-10	8-10	8-11	7-9	8-10	8-1

(*) il n'y a pas eu d'arrêt de la croissance des lianes jusqu'à la dernière récolte.

Variété Krengle

Année et mois de plantation	1969		1970			1971		
	Mai	Juin	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
<u>Croissance aérienne</u>								
période où la longueur des lianes est au maximum	8	9	8	8	8	8	8	8
<u>Croissance tubercule</u>								
période de grossissement rapide	9-10	10-11	8-10	8-10	9-10	8-9	8-10	9-11

Variété Suidié

Année et mois de plantation	1969		1970			1971		
	Mai	Juin	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
<u>Croissance aérienne</u>								
période où la longueur des lianes est au maximum	8	11	10	10	9	9	8	9
<u>Croissance tubercule</u>								
période de grossissement rapide	9-10	9-10	8-9	9-10	9-10	8-9	8-9	8-9

IRAT-DRD

ANNEXE 1

BANQUE DE DONNEES AGRO-METEOROLOGIQUES

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE ANNEE 1969

STATION : BOUAKE

PAYS :

LATITUDE : ° '

NUMERO : 9 55

REGION :

LONGITUDE : ° '

TOTAL PLUVIO. : 1004.6

ALTITUDE : OM

JOUR	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1	.	.	19.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	14.8	1.5	.	3.4	49.3	6.0	.
3	.	.	.	5.8	.	2.0	.	.	15.5	.	.	51.5
4	.	.	18.5	7.0	.	.	.	.	.	.	14.5	.
5	.	.	.	3.0	.	.	.	.	6.5	.	.	.
6	.	.	39.6	.	.	.	.	5.0	.	.	33.2	.
7	.	.	.	.	8.0	5.5	.	1.9	.	.	18.3	.
8	.	.	.	17.5	.	8.2	5.2	10.3	.	.	62.5	.
9	.	.	.	.	.	.	.	.	8.5	.	.	.
10	.	4.0	.	.	.	20.0	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	.	.	2.4	.	.	.	.	.
12	.	3.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	.	.	2.2	.	.	53.8	.	.	.	.	10.5
14	.	.	.	4.3	.	.	3.0	.	17.0	.	1.0	.
15	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.
16	.	40.0	.	.	.	.	.	2.8	.	8.8	.	.
17	.	.	.	.	.	1.0	.	1.2	.	.	.	.
18	.	.	.	.	1.3	2.3	.9	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.5	.	.
20	.	.	.	25.7	.	.	.	.6	.	.	.	.
21	.	.	.	.9	.	.	.	2.9	.	.	.	.
22	.	.	.	.	.	.	.	8.0	12.0	.	.	.
23	.	.6	18.7	19.5	.	.	.	.	35.0	9.3	.	.
24	.	.	.	.	.	1.3	1.3	.	.	.	.	.
25	.	.	.	.	.	.	.	7.2	8.3	1.5	.	.
26	.	6.7	.	3.2	.	.	.	62.0	.	.5	.	.
27	.	.	.	26.2	.	.	.	1.8	.	35.8	.	.
28	.	.	1.7	.	.	.	.	.5	.	25.3	.	.
29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	61.6	.	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT. MENS	0.0	54.8	98.3	115.3	9.3	55.1	68.1	105.4	106.2	194.6	135.5	62.0
NOMB JOUR	0	5	5	11	2	8	7	13	8	9	6	2

ANNEXE 2

IRAT-DRD

BANQUE DE DONNEES AGRO-METEOROLOGIQUES

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE ANNEE 1970

STATION : BOUAKE

PAYS :

LATITUDE : 0°

NUMERO : 9 55

REGION :

LONGITUDE : 0°

TOTAL PLUVIO. : 1067.4

ALTITUDE : 0M

JOUR	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1	.	.	.	38.8	.	.	3.0	2.5	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	24.9	20.5	.	.	8.0	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	1.2	9.0	.	.	.
4	.	.	.	.	1.8	12.8	.	.	.	1.0	.	.
5	.	.	.	.	3.7	.	.	.	56.3	.	.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	6.0	.	.	.
7	.	.	.	15.9	.	.	.	1.0	1.0	.	.	.
8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9	3.5	.	.	.	17.0	.	27.2	.	.	6.1	.	.
10	.	.	.	.	4.0	12.5	.	.	23.0	.	.	.
11	.	.	3.0	.	.	.	.	11.5	.	.	.	.
12	.	4.2	.	.	.	.	.	22.5	.	.	.	.
13	.	.	.	.	.	.	.	3.4	25.8	.	.	.
14	.	.	7.5	15.5	.	.	.	.	25.5	.	.	.
15	.	.	.	.	.	16.2	.	1.9	.	.	4.3	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	.	.	.	.	.	.	.	.	4.8	.	.	.
18	.	.	.	23.6	14.0	.	.	3.5	3.8	.	.	.
19	.	.	5.0	.	.	4.0	.	155.5	4.0	.	.	.
20	.	.	.	9.3	.	.	.	10.0	.	.	.	.
21	.	.	.	.	6.7	.	1.9	.	.	.	.	.
22	.	.	.	.	.7	.	.	.	1.2	.	.	.
23	61.6	.	.	8.0	.	.	.	.	66.7	.	.	.
24	.	.	5.0	.	.	.	17.2	.	2.0	.	.	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	10.0	14.2	9.0	.
26	.	.	.7	11.0	21.7	8.6	1.5	11.2	17.0	.	.	.
27	.	.	.	.	1.5	.	.	28.4	17.5	7.0	.	.
28	.5	.	.	.	.	.	.	2.5	34.3	1.8	.	.
29	.	.	.	6.0	.	.9	.	2.0	.	2.3	.	.
30	.	.	.	7.3	.	.	.	.	.	.	.	.
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT. MENS	65.6	4.2	21.2	135.4	71.1	79.9	71.3	257.1	307.9	40.4	13.3	0.0
NOMB JOUR	3	1	5	9	9	7	6	14	17	7	2	0

IRAT-DRD

ANNEXE 3

BANQUE DE DONNEES AGRO-METEOROLOGIQUES

PLEVIOMETRIE JOURNALIERE ANNEE 1971

STATION : BOUAKE

PAYS :

LATITUDE : 0°

NUMERO : 9 55

REGION :

LONGITUDE : 0°

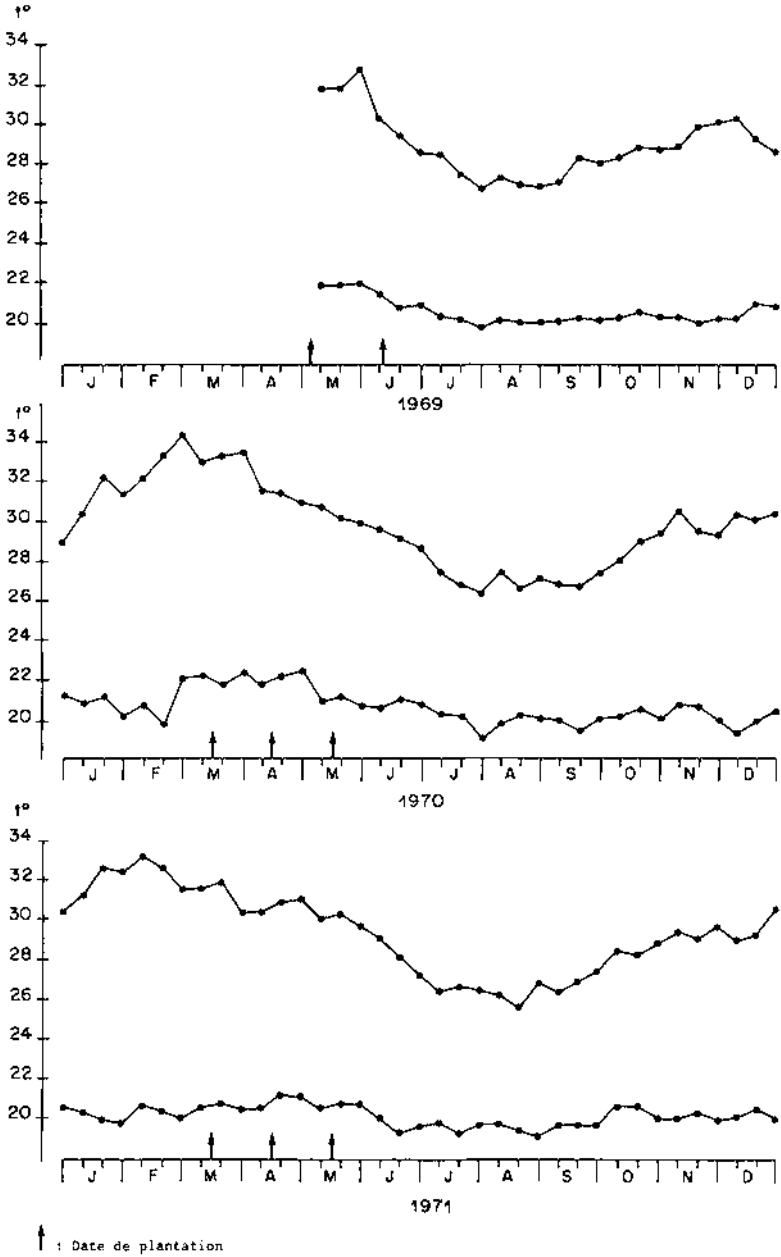
TOTAL PLEUVIO. : 1290.6

ALITUDE : 0M

JOUR	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1	.	.	1.7	16.8	72.9	.	.	.	67.1	28.2	.	.
2	.	.	.	.	.	12.0	.	.	.	6.1	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	.	33.0	.	10.5	.	2.4	.	.	.	.	.
5	.	.	6.0	15.9	.	1.8	.	.6	20.7	12.9	.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	62.2	.	.	.
7	.	.	.	.	10.2	.	.	5.8	9.6	.	.	.
8	.	.	.	.	.	2.3	.	.	.	.	.	.
9	.	.	.	27.3	.	.	.	10.8	.	.	.	.
10	.	.	.	4.8	.	.	.	2.4	2.7	.	.	13.5
11	.	.	.	.	.	.	.	.	7.9	34.0	6.5	5.0
12	.	7.5	.	.	6.8	1.8	.	1.1	11.3	16.0	.	.
13	.	44.5	.	.	5.8	.	.	1.3	2.9	.	.	.
14	.	.	.	2.7	.	.	.	10.0	4.9	.	.	.
15	.	2.4	.	.	.	19.6	16.8	3.5	4.0	.	.	.
16	.	.	2.4	.	.	13.5	.8	11.6	.	.	.	.
17	.	24.5	.	.	24.0	22.2	.	.	.	.	.	.
18	.	1.8	.	.	.	12.4	.	.5	4.3	19.2	.	.
19	.	.	6.9	1.0	.	20.0	.	.	6.8	.	.	.
20	.	.	.	.	4.5	.	.	.	9.3	.	.	.
21	.	.	.	.	26.2	.	.	.	1.2	.	.	.
22	.	40.2	.	.	.	7.0	13.0	.	15.5	.	.	.
23	.	24.0	32.5	.6	4.0	19.1	.	.	7.2	.	.	.
24	.	1.5	.	.	.	5.8	.	.	6.7	.	.	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	17.8	.	.	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	17.0	.	.	.
27	.	.	4.2	1.2	3.5	.	.	.	.	.	4.8	.
28	.	.	.	.	53.6	21.8	.	.	.	.	.	.
29	.	.	.	.5	.	18.7	.	2.5	4.8	.	.	.
30	.	.	4.5	.	.	19.5	.8	48.7	.	.	.	.
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT. MENS	0.0	146.4	91.2	70.8	222.0	197.5	33.8	98.8	283.9	116.4	11.3	18.5
NOM JOUR	0	8	8	9	11	15	5	12	20	6	2	2

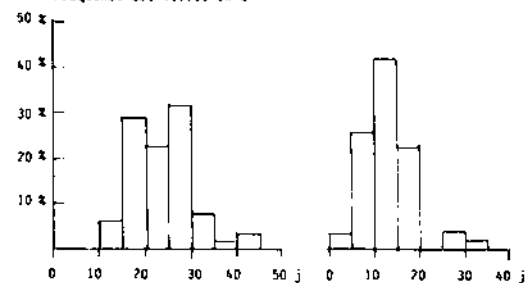
ANNEXE 4

Evolution des températures maxima - Minima décadaires



DURÉE DE TEMPS ÉCoulÉE ENTRE LA PLANTATION
ET LA LEVÉE

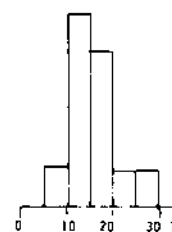
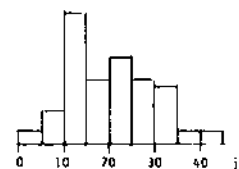
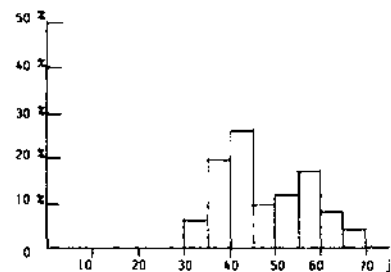
Fréquence des levées en %



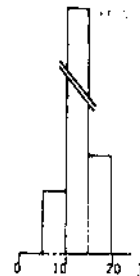
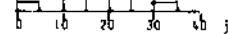
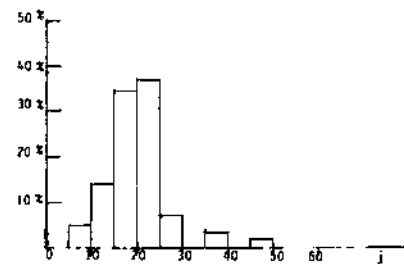
MARS

AVRIL

Fréquence des levées en %



Nombre de jours après plantation



Nombre de jours après plantation

ANNEXE 5

VARIÉTÉ : KREXGIE

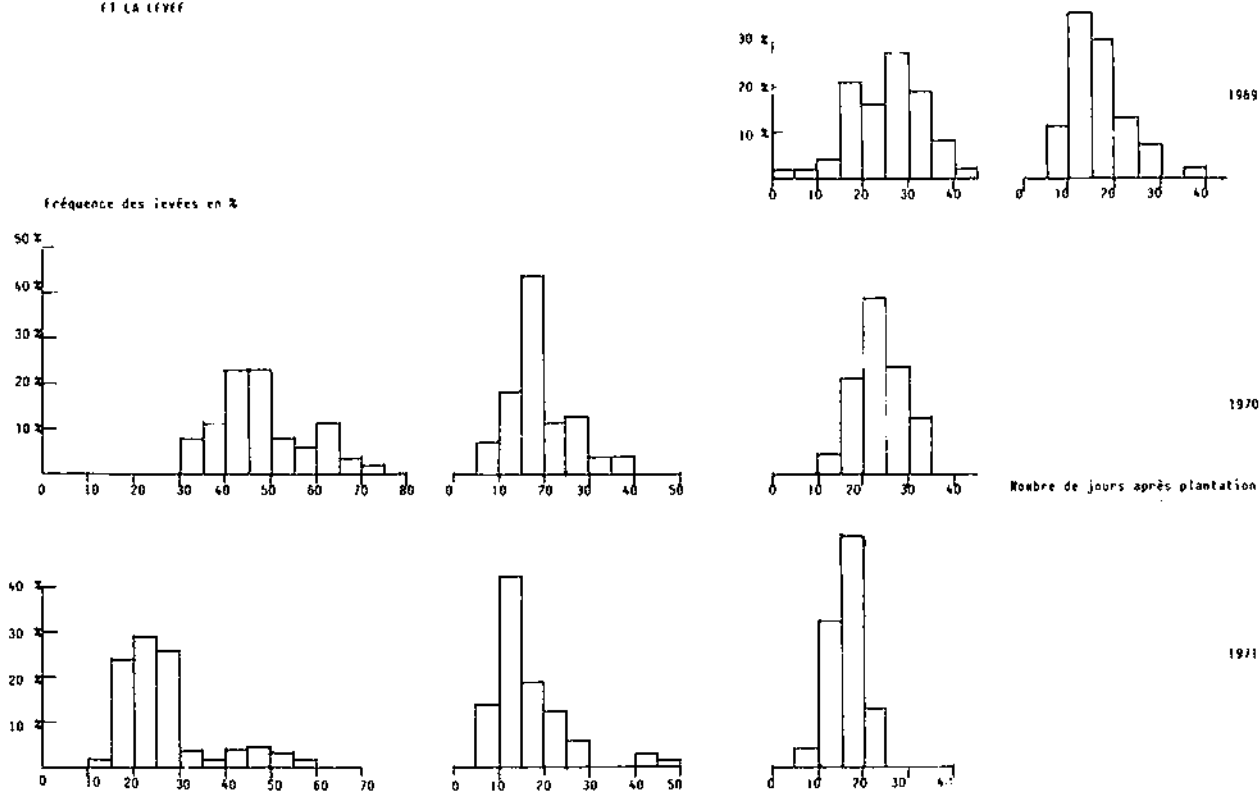
MARS

AVRIL

MAI

JUIN

DURÉE DE TEMPS ÉCOULÉE ENTRE LA PLANTATION
ET LA LEVÉE



VARIÉTÉ : SUIOIE

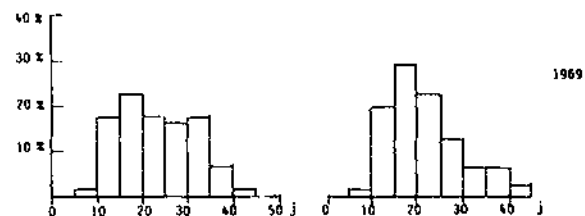
MARS

AVRIL

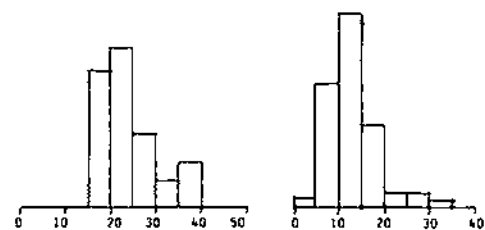
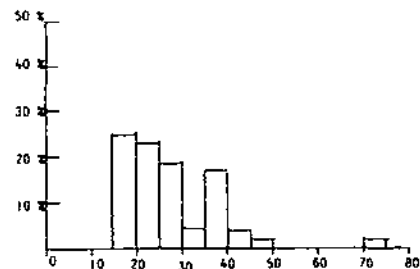
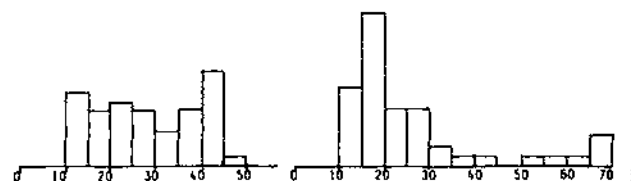
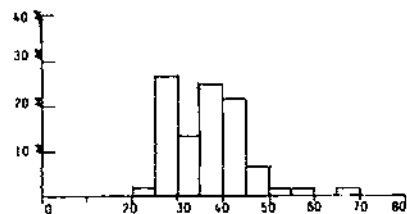
MAI

JUIN

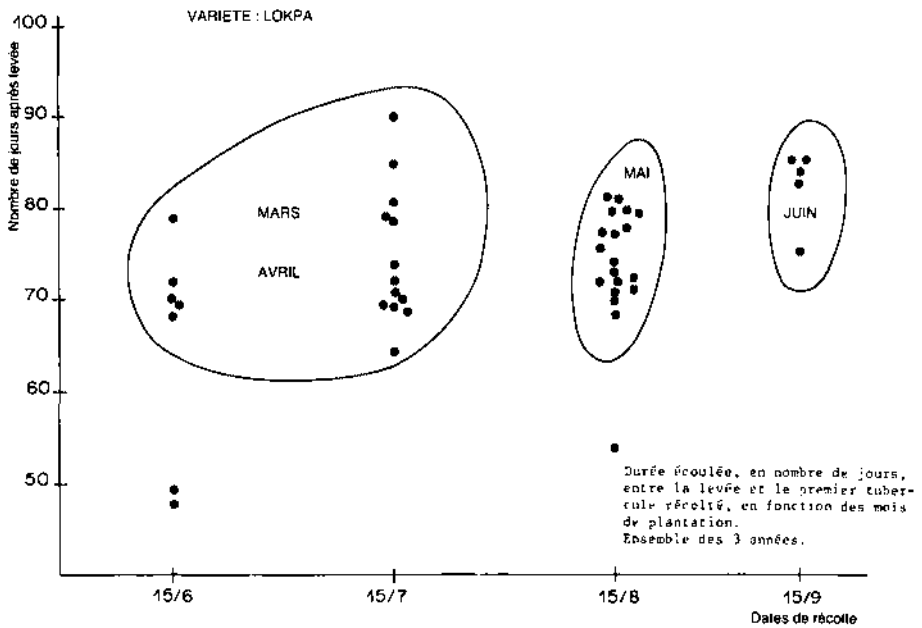
DURÉE DE TEMPS ÉCOULÉE ENTRE LA PLANTATION
ET LA LÈVEE



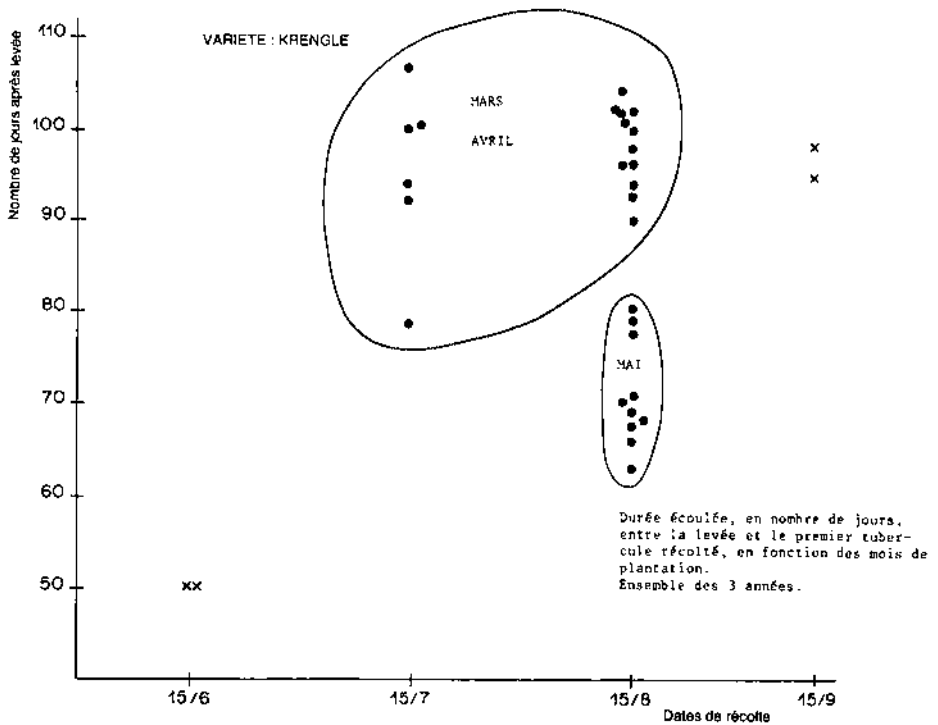
Fréquence des levées en %



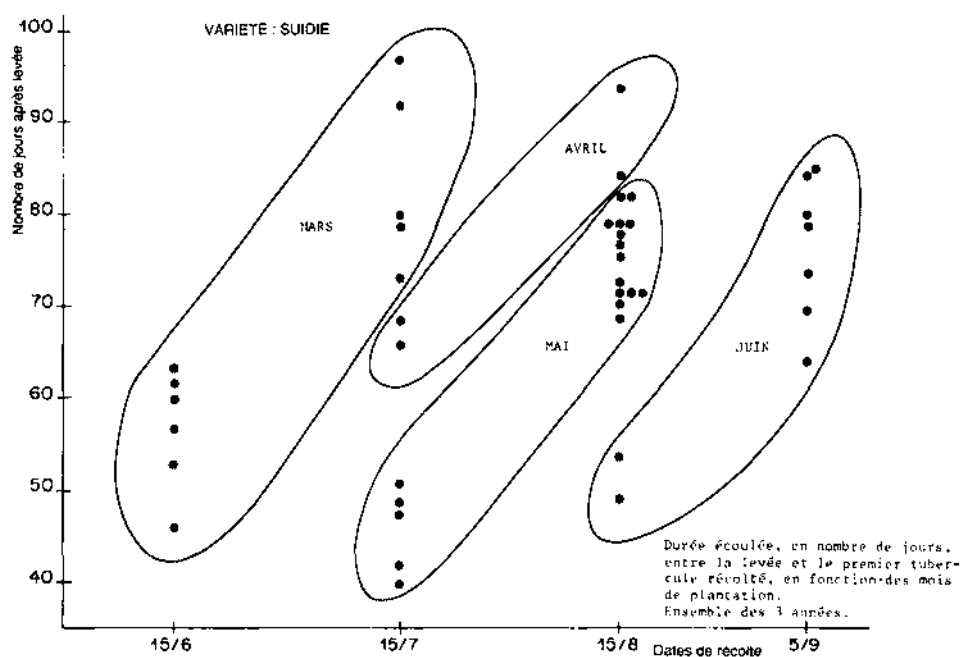
ANNEXE 8



ANNEXE 9



ANNEXE 10



COMPARAISON ENTRE DIFFERENTS MODES DE CROISSANCE DES IGNAME DU GABON (REGION DE MAKOKOU)

C. DUCATILLION

Laboratoire de Botanique Tropicale

USTL

163, rue Auguste Broussonnet

34000 MONTPELLIER - FRANCE

MORPHOLOGIE ET DYNAMIQUE DE CROISSANCE

Des observations effectuées en forêt de LOBAYE (RCA) et dans la région de Makokou, au Gabon, ont permis de montrer que le développement des ignames sauvages et cultivées, s'effectue selon des processus cycliques qui affectent l'appareil aérien, mais également l'appareil souterrain.

L'appareil souterrain est constitué :

- d'un système racinaire
- d'un organe vivace de morphologie complexe et peu connue ou pré-tubercule (petit axe dressé, ou masse ligneuse en forme de "tronc") qui assure la pérennité de l'individu.
- d'un ou plusieurs tubercules, vivaces ou non, accumulant des réserves amylacées.

L'appareil aérien comprend un axe principal dressé, lianescent, ramifié, à croissance définie, assurant les fonctions chlorophyllienne et de reproduction. La fructification est suivie du dessèchement de l'ensemble du système aérien.

A partir de ces données générales, et en comparant l'agencement des différentes phases du développement de chaque espèce, quatre modes de croissance ont été déterminés :

Mode de croissance n°1

Le tubercule pérenne produit un appareil aérien qui croît, fleurit, fructifie et meurt. La plante est alors réduite à son appareil souterrain avec une dormance de durée

indéterminée, puis régénère le système aérien. Le rythme de succession des phases feuillées et dormantes est asynchrone pour une population d'individus d'une même espèce, en un même lieu. Les dimensions du tubercule augmentent avec le nombre de phases présentant des axes aériens feuillés.

Mode de croissance n°2

Le tubercule et le système aérien sont annuels. Les développements de l'appareil aérien et du nouveau tubercule sont initiés à partir des réserves accumulées au cours du cycle précédent. Il y a régénération totale et annuelle des systèmes aérien et souterrain, à l'exception du pré-tubercule, suivant un rythme saisonnier, synchrone pour une population en une même station.

Mode de croissance n° 3

Le mode de croissance précédent est compliqué par l'existence d'un organe souterrain, ligneux, pérenne, de nature morphologique indéterminé. Les tubercules et le système aérien ont une existence cyclique, de longévité indéterminée. Le rythme de succession des différentes phases est asynchrone pour une population, en une même station.

Mode de croissance n°4

Au système aérien des modes de croissance précédents, s'ajoute un ensemble d'axes rampants, pérennes, à cataphylles, ramifiés, susceptibles de s'enraciner à chaque noeud et de former un cal ligneux, puis des tubercules. Ces axes peuvent se rompre ou se nécroser et donner naissance à plusieurs individus formant un clone et s'étalant sur plusieurs centaines de mètres carrés. La plante acquiert ainsi des propriétés de mobilité.

DOMESTICATION ET MODE DE CROISSANCE

Les différentes espèces d'ignames cultivées au Gabon, sont également sauvages, soit au Gabon, soit en République Centre-Africaine, à l'exception de *D. alata*. Elles sont plantées en mélange avec d'autres espèces végétales, dans des champs conquis sur la forêt par essartage. Les lianes ne sont ni butées, ni tuteurées.

Les espèces cultivées à Makokou, présentent dans leur ensemble le mode de croissance n°2.

Bien que d'autres espèces sauvages soient comestibles, et parfois très appréciées, elles ne sont consommées

mode de croissance		1	2	3	4
Espèces	GABON	<i>D. mangelotiana</i> * MIEGE <i>D. sansibarensis</i> Pax	<i>D. bulbifera</i> L. <i>D. preussii</i> Pax <i>D. semperflorens</i> * Uline	<i>D. burkilliana</i> * J. MIEGE	<i>D. minutiflora</i> * Engl. <i>D. smilacifolia</i> * De Wild.
sauvages	R.C.A.		<i>D. dumetorum</i> (Kunth) Pax <i>D. praehensilis</i> * Benth		
Espèces cultivées G A B O N			<i>D. alata</i> L. <i>D. bulbifera</i> <i>D. dumetorum</i> <i>D. praehensilis</i>	<i>D. burbilliana</i>	

* Espèces comestibles faisant l'objet d'une protoculture

que de manière sporadique, mais sont toujours replantées in situ après le prélèvement des parties comestibles (proto-culture).

Le processus de domestication et de mise en culture semble donc s'intéresser principalement à des espèces à tubercule et appareil aérien annuels, et à développement synchrone pour une population, en une même station.

LES STRATEGIES DE MULTIPLICATION CHEZ LES IGNAME SAUVAGES OUEST-AFRICAINES

(The strategies of multiplication among the wild west african yams)

DUMONT R.

Ingénieur CIRAT-IRAT
détaché à l'IDESSA
BP. 633, BOUAKE
COTE D'IVOIRE

RESUME

Les différents mécanismes de multiplication, utilisés par les ignames sauvages, sont inventoriés. Chacun, d'eux, est abordé individuellement afin de déterminer son utilité et éventuellement, ses limites. Les relations entre les différents mécanismes de multiplication sont, ensuite, examinées. Ces trois thèmes qui constituent la base de l'étude, sont développés en s'appuyant sur des observations effectuées par l'auteur et en se référant aux informations disponibles dans la littérature scientifique.

SUMMARY

The different mechanisms of multiplication used by the wild yams are reviewed. Each one is examined individually in order to determine its usefulness and eventually its limitations. The relations between the different mechanisms of multiplication are then approached and discussed from personal results and literature data.

INTRODUCTION

La reproduction des Dioscoréacées spontanées Ouest-Africaines met en jeu plusieurs mécanismes qui sont la sexualité, la tubérisation, la production de bulbilles et l'émission de stolons. Une telle diversité dans les moyens utilisés suscite des interrogations concernant, à la fois, le fonctionnement et la finalité des mécanismes qui interviennent. Le document que nous présentons, ici, essaie d'éclairer la situation à travers nos observations effectuées

au Bénin, en Haute-Volta et en Côte d'Ivoire mais aussi en tirant parti des études qui ont été réalisées, dans le passé, sur différents aspects de ce sujet.

REPARTITION DES DIFFERENTS MECANISMES DE MULTIPLICATION CHEZ
LES IGNAMEES SAUVAGES OUEST-AFRICAINES

E S P E C E S	Division taxono- mique (section)	Mécanismes de reproduction			
		Tubercule	Graines	Bulbilles	Stolons
<i>D. abyssinica</i> , <i>D. lecardii</i> , <i>D. sagittifolia</i>	Enantiophyllum	+	+		
<i>D. togoensis</i>	"	+	+	+	
<i>D. praehensilis</i>	"	+	+		
<i>D. minutiflora</i>	"	+	+		+
<i>D. smilacifolia</i>	"	+	+		+
<i>D. burkilliana</i>	"	+	+		
<i>D. mangelotiana</i>	"	+	+		
<i>D. bulbifera</i>	Opsophyton	+	+		
<i>D. dumetorum</i>	Lasiophyton	+	+	+	
<i>D. hirtiflora</i>	Asterotriche	+	+	+	+
<i>D. preussii</i>	Macrocarpaea	+	+		
<i>D. sansibarensis</i>	Macrouya	+	+	+	

Le tableau précédent montre que toutes les espèces tubérisent et donnent des graines. La production de bulbilles ou de stolons a un caractère moins général. Elle concerne huit espèces seulement et elle paraît complètement indépendante de la division taxonomique du genre *Dioscorea*. Seule *D. hirtiflora* additionne les deux mécanismes. Dans les autres cas, c'est l'un ou l'autre des mécanismes qui intervient.

Cette situation d'ensemble qui vient d'être décrite, doit être nuancée sur deux points.

La sexualité ne s'exprime plus chez l'écotype sahélien de *D. togoensis* qu'on rencontre, en Haute-Volta, au niveau du 13ème parallèle Nord. D'autre part, chez *D. sansibarensis*, il y a affaiblissement sinon disparition de la sexualité femelle. CHEVALIER indique que le sex-ratio est de l'ordre de 1 plante femelle pour 10 plantes mâles mais MIEGE (com. pers.) n'aurait observé qu'un seul individu femelle au cours de ses prospections en Côte d'Ivoire. Pour notre part, nous avons constaté l'absence totale de plantes femelles parmi les *D. sansibarensis* qui subsistent dans les vestiges de la forêt sèche Nord béninoise.

Certaines espèces sauvages considérées comme non bulbifères produisent occasionnellement des bulbilles. P. HAMON (com. pers.) a noté le phénomène chez *D. praehensilis* introduit dans sa collection de travail, en basse Côte d'Ivoire et de notre côté, nous l'avons observé, de façon isolée, sur *D. abyssinica*, dans les collines du pays Cabrais, au Nord Togo. L'espèce cultivée *D. cayenensis*, apparentée à certaines ignames sauvages relevant de la section *Enantiophyllum*, produit égale des bulbilles. Cette production apparaît exceptionnelle dans les conditions habituelles de culture mais elle devient beaucoup plus fréquente quand on fait du bouturage de tige en atmosphère saturée d'humidité (BUFFARD-MOREL, 1980) ou encore en culture in vitro. Il semblerait donc que parmi les espèces regardées comme non bulbifères, certaines au moins, possèdent une aptitude potentielle à produire des bulbilles.

OBSERVATIONS ET REFLEXIONS AUTOUR DES DIFFERENTS MECANISMES DE MULTIPLICATION

Contraintes et limites de la multiplication sexuée.

L'aboutissement à l'expression sexuelle demande plusieurs étapes successives à partir de la graine. Chacune de ces étapes correspond à des exigences différentes.

La germination et l'installation de la plante sont des phases délicates. La plantule est un organisme très fragile redoutant, particulièrement, la sécheresse et la battance des pluies. Les conditions qui lui conviennent sont celles d'un couvert assez dense avec un microclimat relativement humide. A ce stade de leur vie, les ignames sont sciaphiles.

La croissance de la plante est subordonnée à l'existence de tuteurs naturels appropriés à ses différents stades de développement. Au départ, des brindilles sont nécessaires. Ensuite, il faut des buissons ou des arbrisseaux. En dernier lieu, le tronc des arbres est mis à contribution mais à ce niveau, une limite apparaît. Au-delà d'une valeur variant en fonction des différentes espèces d'ignames, le diamètre du tronc devient trop important pour permettre l'enroulement des lianes. Les valeurs limites que nous avons relevées, vont de 15 cm, environ, pour *D. togoensis* et *D. hirtiflora* à 22 cm pour les ignames de savane appartenant au groupe des *D. abyssinica*/*D. lecardii*/*D. sagittifolia*. Les grandes espèces annuelles de forêt (*D. preussii*, *D. sansibarensis*, *D. praehensilis*) n'acceptent guère des tuteurs de diamètre beaucoup plus important. On ne les trouve jamais enroulées autour des gros arbres. En fait, elles utilisent souvent, comme tuteur, une liane pérenne ou encore leur appareil aérien de l'année précédente qui se maintient longtemps à l'état desséché.

L'expression de la sexualité est un phénomène hautement héliophile. Exception faite pour *D. togoensis* et *D. minutiflora* qui font preuve d'une certaine souplesse concernant les besoins en lumière, les ignames sauvages ne fleurissent que lorsque leur développement végétatif leur permet d'atteindre une situation fortement ensoleillée.

Compte tenu des exigences variables liées au développement des ignames sauvages, il est évident que leur reproduction par voie sexuée s'accommode mal d'un milieu stable. Les conditions qui lui sont favorables sont celles des peuplements végétaux en évolution. Cette particularité introduit deux limites dans la multiplication des ignames par voie sexuée.

D'abord, la reproduction sexuée apparaît comme un phénomène sporadique lié à des facteurs anthropiques (défrichements, feux) ou accidentels (chablis).

Ensuite, parce qu'elles se situent dans la phase intermédiaire du processus évolutif des peuplements végétaux, les populations d'ignames issues du semis sont soumises à une compétition sévère qui tend à les éliminer. Ainsi, dans certaines savanes du Nord Bénin, la population des ignames relevant de l'espèce *D. abyssinica*/*D. lecardii*/*D. sagittifolia* qui est de plusieurs milliers d'individus par ha pendant le début de la reforestation tombe, souvent, à moins de 5 unités/ha quand le peuplement végétal arrive au terme de son évolution (forêt claire à *Isobertiria doka*). Dans le même ordre d'idée, nous avons pu constater la disparition quasi totale de *D. minutiflora* dans une vieille forêt faisant partie du parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire) alors que cette espèce est extrêmement abondante dans toutes les friches de la région. L'élimination, plus ou moins poussée, des ignames sauvages dans la phase finale de la série évolutive est une règle assez générale mais elle comporte des exceptions. Les ignames sauvages se maintiennent très bien dans les associations végétales qui dérivent d'un arrêt plus ou moins précoce de

la série évolutive. Ce phénomène apparaît quand les facteurs pédologiques sont défavorables (dalles latéritiques, sols à hydromorphie accidentelle, etc...) ou encore à un stade relativement avancé du processus de colonisation des substrats rocheux. C'est bien souvent à partir de ces biotopes particuliers que les ignames sauvages peuvent reconquérir les zones dont elles ont été exclues par le jeu de la concurrence naturelle ou par l'agriculture.

Les fonctions du tubercule

Contrairement à ce qui se passe pour les formes cultivées, le tubercule n'intervient pas, habituellement, dans la multiplication des ignames sauvages ; son utilité se situe dans d'autres domaines.

La tubérisation doit, d'abord, être regardée comme un stockage de réserves nutritives organisé pour aboutir, à terme, à la formation des oranges de reproduction (sélection *r*). Ce stockage s'étend, au minimum, sur deux à trois ans pour les plantes issues de graines. Sa durée se réduit quand le point de départ est une bulbille.

Ensuite, la tubérisation est une fonction concourant à la survie de la plante. Pour A. HLADICK, le tubercule permet à la plante de subsister au sein des peuplements végétaux fermés et d'y attendre longtemps des conditions favorables à l'expression de la sexualité. Nous pensons que la notion de survie ne s'arrête pas là. Dans les écologies à saison sèche plus ou moins longue, le tubercule représente, aussi, la possibilité de placer la plante en repos physiologique pendant la période qui lui est défavorable. Pour la majorité des espèces Ouest-africaines, ce système de survie est essentiel.

Enfin, il est certain que le tubercule joue un rôle pérennant. Chez les espèces qui ne produisent pas de bulbilles, le tubercule reste le seul organe susceptible de s'opposer à leur élimination des formations végétales quand les conditions de milieu rendent aléatoire le succès des semis.

La production de bulbilles

Il est difficile de définir un point commun entre les ignames qui forment régulièrement des bulbilles. Ces espèces dont nous avons déjà souligné le peu d'affinité sur le plan taxonomique ne représentent pas, non plus, un ensemble cohérent en ce qui concerne leurs relations avec les facteurs écologiques. L'une, d'entre elles, est particulière aux forêts mésophiles (*D. sansibarensis*) tandis que les autres (*D. bulbifera*, *D. dumetorum*, *D. togoensis* et *D. hirtiflora*) ne se rencontrent que dans les peuplements végétaux très ouverts. Pour le

moment, il faut bien admettre que la formation de bulbilles répond à un déterminisme qui nous échappe. Par contre, les observations permettent d'avancer des explications quant aux finalités du phénomène.

En premier lieu, il est certain que les bulbilles améliorent la possibilité de survie des ignames qui les produisent.

D'abord, ce sont des organes de reproduction incomparablement plus robustes que les graines parce qu'ils accumulent une quantité de réserves nutritives beaucoup plus importante. Ainsi, alors que le poids moyen, exprimé en matière sèche, est de 0,008 g pour la graine (débarassée de son aile), on obtient les fourchettes de poids suivantes (toujours en m.s) pour les bulbilles,

- 0,2 g à 5,5 g pour *D. togoensis* et *D. hirtiflora*
- 1,0 g à 9,5 g pour *D. dumetorum* et *D. sansibarensis*
- 0,5 g à 12 g pour *D. bulbifera*.

Les réserves importantes de la bulbille permettent à la plante de s'installer dans des conditions difficiles, souvent inadéquates pour la graine et aussi d'obtenir un démarrage vigoureux de la végétation. Les études de J. BUFFARD-MOREL (1980) ont montré que la croissance linéaire de la tige principale se situe entre les limites suivantes quand le point de départ de la plante est une bulbille.

- 1 à 4 cm/jour pour *D. dumetorum*
- 3 à 11 cm/jour pour *D. bulbifera*
- 8 à 12 cm/jour pour *D. hirtiflora*.

Les mêmes études indiquent, également que chez *D. bulbifera*, au moins, il existe une relation positive étroite entre le poids de la bulbille et les caractères suivants : précocité de la levée, vitesse de croissance de l'axe principal, longueur de l'axe principal et des axillaires.

Ensuite, les bulbilles peuvent parfois apparaître comme une réaction offensive à l'hostilité du milieu. C'est le cas, nous semble-t-il, pour *D. dumetorum*. Cette espèce, très largement distribuée, forme des bulbilles uniquement dans la zone climatique guinéenne. On peut y voir une stratégie définie pour faire face à l'agressivité des peuplements végétaux en climat humide.

Enfin, les bulbilles représentent un moyen ultime pour assurer la reproduction de l'espèce quand la sexualité cesse de s'exercer. Un tel stade est atteint pour *D. sansibarensis* dans les forêts sèches du Nord Bénin et pour l'écotype sahélien de *D. togoensis*.

En second lieu, les bulbilles constituent, également, un moyen de dispersion efficace pour certaines ignames. Contrairement à la libération des graines qui inter-

vient en début de saison sèche, la chute des bulbilles commence bien avant la fin des pluies ce qui permet leur transport sur de longues distances par le biais des cours d'eau temporaires. Ce type de dispersion concerne les espèces habituelles des galeries forestières (*D. togoensis* et *D. bulbifera* mais il intervient peu dans les autres cas.

La formation des stolons

Chez *D. minutiflora* et *D. smilacifolia*, l'existence de stolons a été souligné par plusieurs auteurs (BURKILL, MIEGE, LAWTON, etc...). Par contre, le phénomène paraît beaucoup moins connu chez *D. hirtiflora*. Il a été signalé par LAWTON, au Nigéria et également par P. HAMON (com. pers.) qui a introduit l'espèce dans la forêt hygrophile du Banco (basse Côte d'Ivoire). Pour notre part, nous avons observé la formation de stolons, chez *D. hirtiflora* dans la zone soudano-guinéenne du Bénin où le remplacement de la forêt sèche par la savane ne paraît pas très ancien.

Chez *D. minutiflora* et *D. smilacifolia*, l'enracinement caulinair est un caractère biologique qui se manifeste de façon régulière. Le modèle suivi est toujours le même. Au départ, on trouve une plante feuillée ; elle détache une à plusieurs tiges rampantes, plus ou moins fortement aphyllées qui s'enracinent de loin en loin. Les points d'enracinement les plus anciens tubérisent. Des variations s'observent, évidemment, autour de ce schéma général. Elles paraissent liées aux conditions écologiques. Dans les milieux ouverts (clairières, bordures de forêt) les stolons sont généralement courts avec un faible nombre d'enracinements. La plus grande partie du développement végétatif de la plante s'opère dans le sens vertical en utilisant les tuteurs naturels. Dans les milieux fermés, dépourvus de strate basse, la longueur des stolons augmente considérablement. Ainsi, dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire (région de Guiglo) nous avons trouvé, sur des *D. minutiflora* végétant sous un peuplement forestier dense, des stolons quasiment aphyllés ayant une longueur supérieure à 40 m avec une distance moyenne de 5,7 m entre deux enrachinements successifs. Les observations, effectuées sur plusieurs plantes distinctes, montrent, en outre que dans ce biotope particulier, la direction suivie par les stolons ne semble obéir à aucune loi précise, les changements de cap qui se produisent parfois paraissent liés à la présence d'obstacles naturels (zones d'hydromorphie) plutôt qu'à des tropismes.

Chez *D. hirtiflora*, l'enracinement caulinair ne paraît pas s'inscrire dans le fonctionnement biologique habituel de l'espèce. Au Nord Bénin, en tout cas, le phénomène est nettement lié à un biotope particulier. On l'observe en bordure des cours d'eau temporaires, sur des sols hydromorphes couverts par un peuplement de buissons suffisamment dense pour empêcher l'installation des Poacées. Dans ce contexte écologique, la tige de *D. hirtiflora* reste rampante. A mesure qu'elle se développe, elle s'enracine au niveau des noeuds

les plus âgés et chaque point d'enracinement donne naissance à un tubercule de quelques g qui représente un nouveau point de départ pour l'année suivante. Cette biologie particulière conduit à un accroissement très rapide de la population et aboutit, en fin de compte, à un véritable tapis annuel avec une concurrence entre les individus, à ce point forte qu'elle empêche l'expression de la sexualité.

Il semble clair que la formation de stolons n'a pas la même signification chez *D. minutiflora*, *D. smilacifolia* et *D. hirtiflora*. Dans les deux premiers cas, l'émission des stolons correspond à une stratégie engagée pour occuper le terrain afin de multiplier les chances de profiter d'un chablis et d'améliorer, ainsi, les probabilités de parvenir à l'expression de la sexualité. Pour *D. hirtiflora*, l'explication est moins évidente. On se trouve, probablement, devant un système de survie mis en oeuvre pour assurer la pérennité de l'espèce dans un milieu devenu hostile.

LES RELATIONS ENTRE LES MECANISMES DE MULTIPLICATION

Les bulbilles et la sexualité

Deux points, peu connus, sont à souligner dans ce domaine.

. La production de bulbilles et la sexualité se conjugent pour accélérer le rythme de reproduction. D'une part, les bulbilles les plus volumineuses permettent l'expression de la sexualité en un cycle annuel chez toutes les espèces bulbifères sous réserve que les conditions de développement soient favorables. D'autre part, les plantes issues de graines peuvent parfois donner des bulbilles après 5 à 7 mois de végétation. Le phénomène a été noté par J. BUFFARD-MOREL sur *D. bulbifera* et nous l'avons personnellement observé, à plusieurs reprises, chez *D. togoensis*.

. Les graines et les bulbilles interviennent à des degrés très différents dans la multiplication. Les individus femelles des espèces bulbifères produisent un nombre de graines variant entre 500 et 7500. La production de bulbilles est quantitativement beaucoup moins importante ; elle se situe, le plus souvent, en dessous de 50 unités par plante mais les individus des deux sexes forment des bulbilles et le rapport numérique entre les sexes est largement à l'avantage des plantes mâles. L'écart quantitatif entre les graines et les bulbilles est moins élevé qu'on ne pourrait le croire, à priori mais les graines conservent, cependant, une large prépondérance sur le plan du potentiel théorique de multiplication. Nous avons effectué des dénombrements, sur le terrain, pendant la période de germination (Mars-Juin) afin de voir dans quelle mesure une telle idée se vérifie dans la réalité. Les observations ont été faites au Bénin, en Haute-Volta et en Côte-d'Ivoire. Elles sont étalées sur 12 ans. Chaque point

de dénombrement a fait l'objet de plusieurs relevés successifs (3 à 6) pour tenir compte de l'étalement de la germination. Les principales informations relatives à cette étude et les résultats recueillis sont condensés dans le tableau qui suit.

Participation respective des graines et des bulbilles dans la reproduction de 4 espèces d'ignames sauvages observée dans 3 pays d'Afrique Occidentale

Année d'observation	Espèce observée	Lieu d'observation	Biotope	Effectif	Origine des plantules (en % de l'effectif observé)		
					Graines	Bulbilles	Indéterminée
1972	<i>D. togoensis</i>	Parakou Nord Bénin	Eboulis de roches granitiques	137	0	81	19
1972	<i>D. togoensis</i>		Galerie forestière	84	7	92	1
1972	<i>D. bulbifera</i>		Galerie forestière	299	2	98	0
1972	<i>D. bulbifera</i>		Bord de piste	144	14	79	7
1972	<i>D. hirtiflora</i>		Clairière de forêt sèche	356	27	70	3
1977	<i>D. togoensis</i>	Bobo-Dioulasso Haute-Volta	Galerie forestière	102	2	82	16
1977	<i>D. togoensis</i>		Termitière morte	61	0	79	21
1977	<i>D. bulbifera</i>		Galerie forestière	432	11	71	18
1982	<i>D. dumetorum</i>	Bouaké Côte-d'Ivoire	Clairière de forêt sèche	96	0	100	0
1982	<i>D. bulbifera</i>		Lisière de forêt	277	9	68	23
1983	<i>D. togoensis</i>		Lisière de forêt	188	22	75	3
1984	<i>D. dumetorum</i>		Bord de piste	164	9	82	9
1984	<i>D. bulbifera</i>		Bord de piste sur sol à hydromorphie temporaire	303	0	74	16

Les chiffres, présentés dans le tableau, montrent une très large suprématie des bulbilles dans la multiplication des ignames concernées par l'étude. On peut, bien sûr, objecter qu'à cause de leur caractère anémochore, les graines sont susceptibles d'être largement dispersées et qu'il est, par conséquent, normal d'enregistrer une forte prédominance des bulbilles dans nos relevés. En fait, les ignames bulbifères ont des exigences très strictes sur le plan écologique. Les éléments reproducteurs qui s'échappent du cadre défini par ces exigences ont une forte probabilité d'être éliminés très rapidement. Dans ces conditions, la reproduction sexuée correspond à un gaspillage très important et il faut bien admettre que la multiplication végétative prend, une part prépondérante dans la reproduction des espèces bulbifères, tout au moins aussi longtemps que l'équilibre des peuplements végétaux qui les abrite, ne se trouve pas profondément perturbé. Les graines interviennent à un autre niveau. Leur anémochorie leur permet de coloniser des territoires lointains. La reproduction sexuée maintient la variabilité génétique. Elle est, en outre, à la base de la diversification allopatrique. Ainsi, de nombreuses "races" sont connues chez *D. bulbifera* et *D. hirtiflora* qui se reproduisent par voie sexuée. Par contre, l'espèce *D. sansibarensis* dont la sexualité femelle est fortement amoindrie montre, du Bénin à la Côte d'Ivoire, une remarquable homogénéité dans ses caractères morphologiques.

Les bulbilles et le tubercule

Quand les bulbilles permettent l'expression de la sexualité à l'intérieur du cycle végétatif annuel, le tubercule n'apparaît plus nécessaire en tant qu'organe de relai. De fait, plusieurs espèces bulbifères se distinguent par un tubercule de faible volume. Chez *D. bulbifera*, *D. togoensis* et *D. hirtiflora*, le poids du tubercule se situe, généralement, dans un intervalle allant de 150 à 800 g ce qui est fortement inférieur aux valeurs relevées sur les espèces sauvages non bulbifères qui ont une biomasse souterraine beaucoup plus importante. Ainsi, les relevés effectués par A. HLADIK (1984), en Afrique Centrale, indiquent que le poids du tubercule est supérieur à 4 kgs chez *D. preussii* et dépasse 200 kgs chez *D. mangenotiana* (qui est une espèce pérenne). Pour notre part, nous avons enregistré les fourchettes de poids suivants :

- 0,1 à 12 kg au sein du complexe *D. abyssinica*, *D. lecardii*, *D. sagittifolia*
- 0,5 à 9 kg chez *D. praehensilis*
- 1,0 à 17 kg chez *D. smilacifolia* et *D. minutiflora*.

Chez *D. sansibarensis* et *D. dumetorum*, la production de bulbilles ne paraît pas pouvoir être associée, de façon aussi nette, avec une réduction dans le stockage souterrain. En ce qui concerne *D. sansibarensis*, BURKILL (1937) signale un tubercule de 32 kg à Madagascar tandis que MIEGE (1952)

indique avoir collecté des tubercules de 20 à 25 cm de diamètre en Côte d'Ivoire, mais de notre côté, les très nombreuses observations que nous avons faites dans les vestiges de la forêt sèche du Nord Bénin situent le poids maximum du tubercule aux alentours de 1,2 kg.

Chez *D. dumetorum*, le poids du tubercule varie, habituellement, entre 2 et 8 kg. Sans vouloir prétendre établir une relation de cause à effet, nous indiquerons cependant que les quelques 130 mesures que nous avons pu faire, en Côte d'Ivoire, montrent que le poids les plus élevés apparaissent, de façon nettement préférentielle (82 pour cent des cas), dans la zone soudanienne du pays où l'espèce produit rarement des bulbilles.

Au niveau intraspécifique, on possède peu d'information en ce qui concerne les relations entre la production des bulbilles et la tubérisation souterraine. Seule l'espèce *D. bulbifera* a fait l'objet d'études approfondies sur ce plan là. A travers les observations accumulées et les résultats obtenus, il semble bien apparaître une relation d'antagonisme entre le tubercule et la bulbille au niveau de la fonction de stockage. Cet antagonisme se manifeste de deux manières différentes. D'une part, la pression de sélection exercée par l'homme en faveur de la bulbille aboutit, actuellement, à une disparition plus ou moins avancée du tubercule chez beaucoup de variétés agraires. D'autre part, les travaux de J. BUFFARD-MOREL montrent que la suppression des bulbilles peut provoquer l'apparition d'un tubercule chez les variétés qui n'en produisent plus.

CONCLUSIONS

Pour s'adapter aux milieux évolutifs qui constituent leurs biotopes habituels, les Dioscoréacées sauvages Ouest-africaines ont mis au point plusieurs stratégies efficaces pour assurer leur pérennité. Cette diversité biologique s'exerce jusqu'au niveau intraspécifique. Les individus d'une même espèce peuvent, dans certains cas, moduler leur comportement en fonction des variations écologiques. Ainsi, ils mettent en oeuvre les modes de multiplication qui leur sont les plus favorables et vont même, parfois, jusqu'à ajuster leur forme biologique, chacune étant spécialisée pour un environnement particulier. Il est, donc, pour le moins hasardeux de vouloir généraliser le comportement d'une espèce surtout si elle a une aire de distribution très vaste. C'est un risque important ne pouvant que contribuer à entretenir la confusion qui entoure, actuellement, la biologie des ignames sauvages.

REFERENCES

- BUFFARD-MOREL J., 1980.- Contribution à l'étude des *Dioscorea* bulbifères de Côte d'Ivoire. Thèse Université d'Abidjan.
- BURKILL I.-H., 1950.- Flore de Madagascar et des Comores. 44ème Famille Dioscoréacées.
- CHEVALIER A., 1952.- De quelques *Dioscorea* d'Afrique Equatoriale toxiques dont plusieurs variétés sont alimentaires. Revue Internationale de Botanique appliquée, 32 : 14-19.
- COURSEY D.G., 1967.- Yams. Longman. London.
- HLADIK A., 1984.- Les plantes à tubercules de la forêt dense d'Afrique Centrale. Rev. Ecol. (Terre Vie), vol. 39.
- LAWTON J.R.S., 1967.- A key of the *Dioscorea* species in Nigeria Journal of the West African Science Association. Vol. 12, n°1.
- MIEGE J., 1950.- Caractères du *Dioscorea minutiflora* Engl. Refue Botanique appliquée n° 333-334.
- MIEGE J., 1952.- Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* Ouest-africains. Thèse Université de Paris
- MIEGE J., 1977.- Stratégies végétales. Musée de Genève 172 : 12-17.
- ONWUEME I.C., 1978.- The tropical tuber crops. John Wiley and Sons. Chichester.

SOME DATA ON THE GENETIC ORGANISATION OF
THE DIOSCOREA CAYENENSIS-ROTUNDATA COMPLEX
IN IVORY COAST

HAMON P. * ; HAMON S. ** ; TOURE B. *

* Laboratoire de génétique, Faculté des Sciences, 04 BP 322,
Abidjan 04, Ivory Coast.

** Laboratoire de Génétique, ORSTOM, BP V.51, Abidjan, Ivory Coast.

SUMMARY (voir résumé français à la fin)

The culture of yams in Africa involves the preferential use of two species. One is of Asian origin, *Dioscorea alata*, and has not been discussed. The other is a native of Africa, *Dioscorea cayenensis-rotundata* and is the subject of this detailed study.

A collection including more than 800 samples has been constituted by a series of trips in Ivory Coast. The natural variability encountered was examined using two complementary tools, one involving a grid of morphological descriptors, the others the analysis of starch gel electrophoresis for four enzyme system.

The results showed the following :

- 1.- The *D. cayenensis-rotundata* complex can be subdivided into a limited number of groups.
- 2.- The precise morphological description of each is possible and a list of characteristics is given.
- 3.- The electrophoretic zymograms confirm the structure in identical groups and also lead to an intragroup genetic discrimination.

INTRODUCTION

Yams (*Dioscorea* spp.) is a genus composed of about 600 species according to Knuth (1924). The domestic species, with exclusively vegetative reproduction, are localized primarily in the intertropical belt. There are two main species in West Africa, one *D. alata* originating in Asia and the other *D. cayenensis-rotundata* which is native.

As is true of all of West Africa, Ivory Coast is an ethnic mosaic with yams as a traditional staple. This is true from the simple gathering in the western forest regions (the Guéré, Yacouba and Bété ethnic groups) to vast farming enterprises in the center and East (the Baoulé, Agni, Koulango ethnic groups).

The extension of arable land and increases exchanges of plant material have led to the introduction of new names and, in parallel, considerable taxonomic confusion. It follows that the same clone may have different vernacular names, and similarly, the same name may be attributed to different clones. Thus, MARTIN and SADIK (1977) estimated that there were between 500 and 2 500 varieties in this complex. This imprecise and overestimated number is the direct result of the above phenomenon. The description of several clones (MIEGE, 1952), followed by work on the organisation of the complex (MARTIN and RHODES, 1978 ; AKORODA, 1983 ; AKORODA and CHHEDA, 1983) have not enabled the groups in question to be precisely identified.

Using a collection including more than 800 samples from the entire Ivory Coast, we have attempted to define and elucidate the internal organisation of the *D. cayenensis-rotundata* complex.

The use of a simple morphological characters and of enzymatic characters (enzyme electrophoresis) has shown that this complex is in fact limited number of groups which can be distinguished with relative ease.

MATERIALS AND METHODS

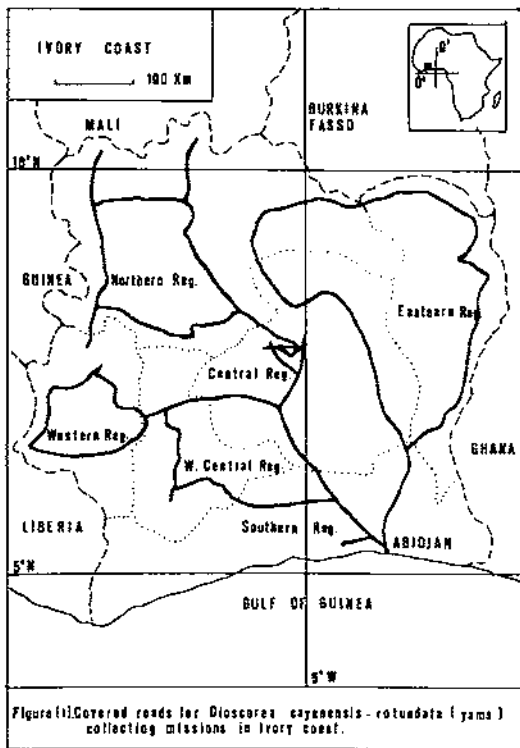
1.- Plant material

Yams investigated were from an old collection (1974), including 97 samples from Ivory Coast and Benin, to which were added 734 accessions collected in Ivory Coast (figure 1) between 1983 and 1985 by HAMON and AHOUSSOU (Abidjan University), with the financial assistance of the I.B.P.G.R. These samples all belong to the *D. cayenensis-rotundata* complex.

2.- Methods

- Morphological descriptors :

Observations carried out for several successive years using the grid of descriptors proposed by the I.B.P.G.R. (1980), enabled us to define a set of characters leading to a reliable determination of the varietal groups.



- Enzymatic descriptors : Enzyme electrophoresis)

Isoenzymes from four enzyme systems were detected after starch gel electrophoresis according to HAMON and TOURE (1982). The four systems investigated were : (Malate dehydrogenase, MDH ; Isocitrate dehydrogenase, ICD ; 6-Phosphogluconate dehydrogenase, PGD ; and phospho-glucose isomerase, PGI).

Typical zymograms of each enzyme system are shown in Figure 2 where M, P, I and p correspond to MDH, PGD, ICD, and PGI. The index corresponds to the type of zymogram observed.

RESULTS

Among the groups encountered in the Ivory Coast, we describe here the characteristics of seven of them. We designate them by the most popular vernacular name used by local peasants.

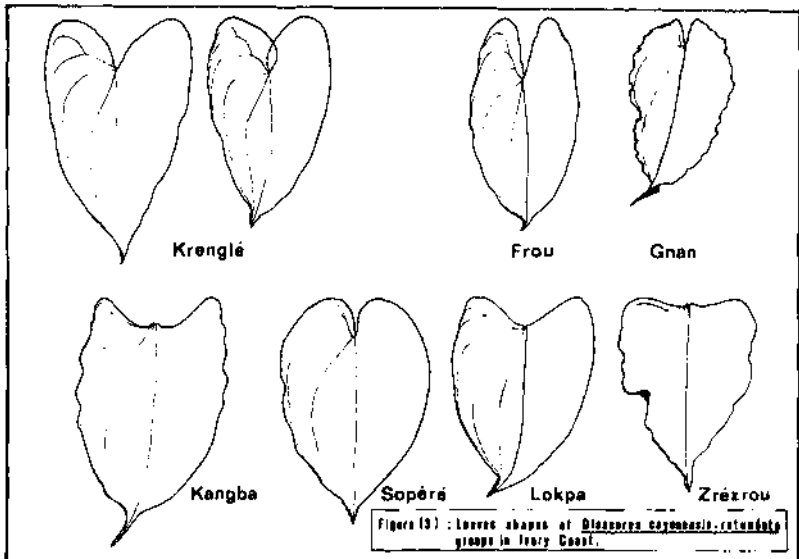
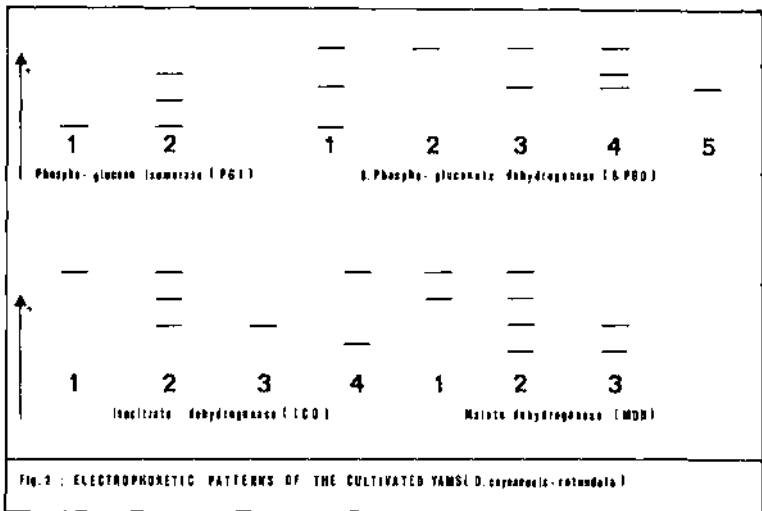


Table (1) presents the modalities of several descriptors enabling groups to be recognised as a function of the organ observed and the stage of plant development. The most highly discriminating among them are underlined. Adult leaves shapes are represented in figure 3.

Before classifying an individual, however, it is necessary to verify concordance with the other descriptors, since individuals exist (*) which simultaneously possess the characteristics of several groups.

The classification of domestic yams

1. KRENGLE group

Widespread in Ivory Coast, it is also present in Benin. It is extensively marketed and its name is known in almost all the regions of the Ivory Coast, except in the East, where the terms most often used are "Tami, Tambi, Mapan". More than 30 vernacular names are known, including "Gnangnougou, Déguéba, Sérésséré, Mississim, Kroba, Awôko, Savié", etc...

It is relatively homogeneous in terms of its morphological and enzymatic characters. The form of the tuber and the colour of the pulp vary, corresponding to types probably arising from somatic mutations, conserved and amplified by the peasant.

It is easily distinguished from the others groups by its aerial and underground vegetative characters. The young stem stage is characterized by a violet colour and the violet thorns, short and broad at the base. The adult is marked by short internodes on the stem and the following foliar characters : dark green, borne by secondary twigs, lobes folded towards the interior and closed laminae.

2. SOPERE and LOKPA groups

Sopéré is encountered throughout Ivory Coast, while Lokpa is localised primarily in the Central region. This results in more common names for Sopéré group (about 25 vs. a dozen for the other). The following are equivalent to Sopéré : "Logobéré, Sépéli, Djélo, Oper, Tomgou, Diokouakou, Bayéré, Banaro", etc. The equivalents of Lokpa are "Koto, Mangou, Fiolo, Badigbé, Midongbo" etc....

They are monomorphic and similar in terms of the tuber but the leaves present morphological differences (size

(*) These individuals will be discussed in a future paper.

Table (1) : Characterisation of the *Dioscorea cayenensis-rotundata* groups encountered in Ivory Coast

CHARACTER	YOUNG STEM	ADULT STEM	ADULT LEAVES	UNDERGROUND TUBER	ELECTROPHORETIC PATTERNS	SEX TYPES	PARTICULARITIES
KRENGLE	*pruinose	*green + light violet	*dark green	* <u>rough</u>	M3 I1 P3 pl	female	*aerial tubers
	*purplish	*light green or	* <u>closed laminae</u>	* <u>thick skin</u>		sometimes	observed in
	* <u>violet thorns</u>	maron-red thorns	* <u>lobes foldes</u>	* <u>broad head</u>		male	1984
	<u>short and</u>	<u>short internodes</u>	<u>towards the</u>	* <u>prickly roots</u>			*normally one
	<u>broad at the</u>	(5-10cm)	<u>interior</u>	*white or light			tuber per plant
	<u>base</u>	*pruinose	(L/l=1.04)	yellow pulp			but several
				without oxydation			clones give 2
				when to air			or 3.
				*4 tuber's type			
				*late maturity but			
				two harvest are			
				possible			
SOPERE	*pruinose	*green + little light	*dark green	*long cylindrical	M2 I3 P4 pl	female	*one tuber per
	*green + violet	violet	*undulated edges	*prickly roots	M2 I3 P3 pl	male	plant
	*light green	*light green thorns	* rounded lobes	*white pulp slow	M2 I2 P3 pl		
	thorns, long	<u>long and thin</u>	*light red or	oxydation to air	M2 I2 P2 pl		
	and thin	*internodes : 20-30cm	light violet	*early maturity	M2 I2 P5 pl		
			spot on the				
			petiole				
			(L/l=1.38)				

Table (1) continued

LOKPA	*pruinose *green + violet light green thorns, long and thin	*light green *thorns long and thin at the base, puncti- form about one meter up on the stem *internodes : 20-30cm	*light green *pointed lobes *undulated edges *closed laminae *light violet spot on the petiole (L/l=1.5)	*long cylindrical *prickly roots *white pulp with slow air oxydation	M2 I2 P3 pl M2 I3 P3 P1 M2 I1 P3 p2 M2 I1 P3 pl M2 I2 P4 pl	female male	*normally one tuber per plant
ZREZROU	*pruinose *purplish-pink *few violet thorns, thin and short	*purplish or green + violet, with the base of the stem light brown *long internodes (40 to 50 cm) *second ramifications quickly very long *few violet thorns	*dark green *undulated edges *closed laminae *red spot on petiole (L/l=1.39)	*long cylindrical *spineless roots *white pulp very fast oxydation to air *early maturity	M2 I1 P4 pl	male (first flowers appear 3 month after planting)	normally one tuber per plant
GNAV	*bright green *broad thorns converging brown, then violet then green from apex to base *spot at the base of the thorn of the same color *pruinose	*white green or green *thorns green *pruinose *internodes : 20-25cm	*green *very undulated edges *lobes folded towards the exterior *lightly closed laminae *thorns on the petiole (L/l=2)	*long cylindral sometimes finger like in the third terminal part *hairiness *very fissured *light and thin skin *prickly roots *white and very hard pulp without oxydation to air *late maturity but two harvest are possible	M1 I2 P4 pl	male	*aerial tubers observed before 1980 *normally 2 to 4 tubers per plant

Table (1) continued

FROM	*pruinose	* <u>dark green</u>	*dark green	*long cylindrical	M1 I1 P2 p1	male	*normally 1 or
	*bright green or dark green	* <u>rought especially</u> at the <u>base</u>	*lightly undulated edges	*fissured and hairiness			2 tubers per plant
	*thorns of the same colour	*dark green thorns *pruinose	* <u>closed laminae</u> * <u>long rounded</u>	*very light and thin skin			
	broad and converging	*internodes : 20-25cm	<u>lobes</u> (L/1.5)	*some prickly roots white pulp without oxydation to air *late maturity two harvest possible			
KANGBA (sub. gr.)	*few or not pruinose	* <u>yellow green</u> , some- times scored	*green *undulated edges	* <u>blackish and</u> <u>thin skin</u>	M1 I4 P4 p2 M1 I1 P4 p2	male	*normally 1 tuber per
	* <u>yellow green</u> *long thorns of the same colour	*thorns of the same colour *most often, <u>few</u> <u>secondary</u> <u>ramifications</u>	*thorns on the petiole * <u>pointed lobes</u> , <u>highly spread</u> (L/1= 1.18)	* <u>spineless roots</u> *white or light yellow or dark yellow or violet <u>pulp</u> without oxydation to air *4 tuber's type *late maturity	M2 I3 P5 p1		plant but very big

and colour). Electrophoresis results have substantiated their similarities and differences, indicating that they are pluriconal with two common genotypes.

Adults plants can be differentiated on the basis of light green thorns, long and thin along the entire stem of Sopéré, while Lokpa they are punctiform about one meter up on the stem. Adult leaves also enable the distinction to be made : they are dark green and cordate in Sopéré, light green with pointed lobes in Lokpa. According to these similarities, we think, they have the same wild parental species.

3. ZREZROU group

It has a more restricted geographical distribution, primarily the Center and Center East. Marketed little or not at all, it is not very important, expressed as cultivated area. Five vernacular names could be identified : "Longbo, Koffikan, Dionguédéríkongo, Dombiro, Kranza".

It is relatively homogeneous from the morphological and enzymatic standpoints. It is probably monoclonal.

It is easily identified by the special colour of the young stem and by its sparse habit, due to long internodes. The tuber is rather similar to those of Lokpa or Sopéré, but differs by the rapidity of oxidation of the pulp when exposed to air.

4. GNAN group

Extensively marketed, it is encountered throughout Ivory Coast. Nevertheless, its name is remarkably invariant, since we are able to identify only four synonyms : "Djaté, Pélékou, Nararaka, Koulamagno".

It is highly uniform, both morphologically and enzymatically. It appears to be a single clone widely spread by commercial practices and which, for an unknown reason, is called by all the same name by the ethnic groups.

Occasionally confused with the Frou group at the very young stem stage, it is unambiguously differentiated from all others by the colour of its thorns : brown, then violet, then light green, from the extremity towards the base of the stem, and the spot at the base of the thorn of the same colour. The characters of the adult leaves (narrow, highly undulated edges) and the tuber (fissured, light skin, white and very hard pulp) are also discriminating characters.

5. FROU group

Its importance in Ivory Coast is low, in terms of planted surface. It is encountered primarily in the Center and in the East, as well as in Benin. The synonymous names are "Adola, Kagourou, Wonoutoma, Worou Binsi, in Benin and "Mbébouloupou" in Ivory Coast.

In spite of this broad geographical distribution, it is very homogeneous morphologically and all specimens examined have identical electrophoretic profiles.

The Frou is similar to the Gnan by the appearance of the tuber and sometimes the young stem. It is differentiated from the latter by the consistency of the pulp, the colour of the adult stem (dark green) and the dark green leaves with long rounded lobes and closed laminae.

6. KANGBA group

This group is distinguished by the habit of the plant (few or not secondary ramifications, reduced or inexistent bud scales) and / or by the tuber (irregular shape, large, sometimes typical, blackish skin, pulp sometimes highly pigmented). It is very heterogeneous and we have subdivided it, studying only the Kangba subgroup here.

* Kangba subgroup

It is not commercialized but has a large geographical distribution, being found in all the regions of the Ivory Coast. It is known in the East as Kangba and in the Center and Northwest it is encountered as Fotchérgué, Péten-tien, Djéroué, Bakabani, Samassé, Gbangan, etc...

Its aerial vegetative apparatus is relatively homogeneous, but the colour of the pulp varies considerably, e.g. white, light yellow, dark yellow, violet, white with violet and yellow points, white with violet points. The shape of the tuber varies as well. The enzymatic systems examined do not always reflect this heterogeneity, demonstrating only three "clones".

It is unambiguously differentiated from the other groups by the colour of the adult stem (yellow green) and the large leaves with pointed lobes, highly spread and forming a very special indentation.

CONCLUSION

In the present study, we have used morphologic and enzymatic descriptors to differentiate seven groups among the most often encountered in Ivory Coast. Some of them are probably representative of Africa.

For each group, we sought the most discriminating characters, and show the intragroup morphological variability.

The four enzyme systems (malate dehydrogenase, isocitrate dehydrogenase, phospho glucose isomerase, and 6-phosphogluconic acid dehydrogenase) are sufficient to identify them and to discriminate between a monoclonal and pluriclonal nature. These two modalities exist in the groups with broad geographic distribution, as well as in those with a restricted distribution.

Several samples collected in Ivory Coast between 1983 and 1985, clearly in the course being domesticated and not classified are unambiguously derived from *D. praehensilis*, while others are derived from *D. mangelotiana*. Similar observations have been made by MIEGE (1952). Another wild forest species, *D. burkilliana*, is mentioned by HLADIK et al. (1984).

This multispecies character, predicted by MIEGE (1952, 1958, 1978), BURKILL (1960), COURSEY (1976) and MARTIN and RHODES (1978), is incontestable today and constitutes one of the reasons for the complexity of *D. cayenensis-rotundata*.

This establishment of genetic relationships between domestic and spontaneous forms is a very important point to elucidate and should orient the establishment of hybridization programs via classical selection schemes. The use of monoclonal groups automatically implies intergroups hybridizations, explaining the necessity of using those with the same spontaneous origin. Pluriclonal varieties permit intragroups hybridizations.

REFERENCES

- AKORODA M.O. ; CHHEDA H.R. (1983).- Principal component analysis and metroglyph of variation among nigerian yellow yams. *Euphytica*, Vol. 32, 565-573.
- AKORODA M.O. ; CHHEDA H.R. (1983).- Agro-botanical and species relationships of Guinea yams. *Trop. Agric. (Trinidad)*, Vol. 60, (4) 242-248.
- BURKILL I.H. (1960).- The organography and the evolution of the *Dioscoreaceae*, the family of the yams. *J. Linn. Soc. London Bot.*, Vol. 367, 319-342.

- COURSEY D.G. (1976).- Yams. In : Evolution of crops plants, 70-74. Ed. by Simmonds ; (Longmans, London).
- I.B.P.G.R. (1980).- Descriptors for yam (*Dioscorea* sp.).
A.G.P. : IBPGR/79/53, p. 19.
- HAMON P. ; TOURE B. (1982).- Etude du polymorphisme enzymatique par électrophorèse sur gel d'amidon de quelques populations d'ignames spontanées et cultivées de Côte d'Ivoire. (*Dioscorea* spp.). Ann. Univ. Abidjan, Série C (Sciences), Tome XVIII, 99-112.
- HLADIK A. ; BAHUCHET S. ; DUCATILLON C. ; HLADIK C.M. (1984).- Les plantes à tubercules de la forêt dense d'Afrique Centrale. Rev. Ecol. (Terre et Vie), Vol. 39, 249-290.
- MARTIN F.W. ; SADDIK S. (1977).- Tropical yams and their potential. Part IV, *Dioscorea rotundata* and *Dioscorea cayenensis*. Agricultural handbook, n° 502, (USDA, USAID).
- MARTIN F.W. RHODES A.M. (1978).- The relationships of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*. Trop. Agric. (Trinidad), Vol. 55 (3), 199-206.
- MIEGE J. (1952).- Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* ouest africains. Thèse non publiée.
- MIEGE J. (1968).- *Dioscorea*. In flora of West Africa. Second edit. (Ed. Hepper, F.N.), Vol. 3, 144-154.
- MIEGE (1978).- sur quelques problèmes taxonomiques posés par *Dioscorea cayenensis* Lamk et *D. rotundata* Poir.
Processing of the plenary meeting of the
A.E.T.F.A.T., Las Palmas de Gran Canaria, 109-113.

ACKNOWLEDGEMENTS

Parts of this work was financially supported by the International Board for Plant Genetic Resources. (IBPGR). The authors thank Mrs BOKA Clément ; BLEDA-GLEDY Felix. (ORSTOM) and KOUAME Konan ; NOGOMADE Dossou. (Abidjan Univ.) for their technical help.

RESUME

Quelques données sur l'organisation génétique
du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*

La culture des ignames en Afrique repose avant tout sur deux espèces. L'une, d'origine asiatique, *D. alata*, n'est pas abordée ici. L'autre originaire d'Afrique, *D. cayenensis-rotundata* fait l'objet de l'étude détaillée qui suit.

Une collection de plus de 800 échantillons a été constituée au cours d'une série de parcours en Côte-d'Ivoire. La variabilité naturelle rencontrée a été examinée avec deux techniques complémentaires, l'une comportant une série de descripteurs morphologiques, l'autre l'analyse en électrophorèse sur gel d'amidon de quatre systèmes enzymatiques.

Il en résulte que :

1. Le complexe *D. cayenensis-rotundata* peut être subdivisé en un nombre limité de groupes.

2. La description morphologique de chacun est possible et une liste de caractéristiques est donnée.

3. Les zymogrammes électrophorétiques confirment la structure en groupes identiques et conduit aussi à une discrimination intragroupe.

VARIETAL YIELD COMPARISON AND ECOLOGICAL ADAPTABILITY STUDIES
OF THREE CULTIVARS OF *DIOSCOREA ESCULENTA* (LOUR.) BURK.
(171, 272, AND 372) IN CAMEROON. 1980 - 1982

*Comparaison de rendements variétaux et études d'adaptation
écologique de trois cultivars de Dioscorea esculenta (Lour.) Burk*

AMBE J.T. and S.N. LYONGA

Cameroon National Root Crops Improvement Programme (CNRICIP)
Institute of Agronomic Research (I.R.A.)
EKONA - CAMEROON

SUMMARY

In Cameroon, there are eight species of edible yams under cultivation, which have been identified and collected for maintenance in a germplasm plot. There are variations in tuber yields and ecological adaptability among varieties.

In 1980 to 1982, three cultivars of *Dioscorea esculenta* (171, 272 and 373) were tested for their tuber yield and ecological adaptability in two different locations. The cultivars were found more adapted to the lowland sandy sedimentary soils than for the medium altitude volcanic soils, though cv 171, on this second location significantly out yielded the others.

RESUME

Au Caméroun il y a huit espèces d'ignames en culture et qui sont identifiées et collectées et maintenues en parcelles de ressources génétiques. Les rendements en tubercule et les adaptations écologiques des variétés diffèrent.

De 1980 à 1982, le rendement en tubercule et d'adaptation écologique de trois cultivars (171, 272, 373) de *D. esculenta* ont été testés en deux localités. Ils parurent mieux adaptés aux sols sableux sédimentaires de basse altitude qu'aux sols volcaniques de moyenne altitude, encore que dans cette deuxième situation le cv 171 eut un rendement significativement supérieur à ceux des deux autres.

INTRODUCTION

Yams (*Dioscorea* spp) do not constitute a major staple food crop in any the Cameroonian Communities. However, the yams play a vital role in increasing the quantity of food supply to many people in the Country.

Cameroon is partitioned into five agro-ecological zones. A survey of root and tuber crops production in Cameroon showed that yams are grown in all these zones, (CNRCIP 1980). The demand for yams in Cameroon has been on a steady increase since 1961. This demand led to increase loss of currency by then West Cameroon Government through yam imports from Eastern Nigeria.

The west Cameroon Government then formed a "Yam Scheme" in 1963 to produce seed yams for farmers and to teach them the cultural techniques used in growing them. The setts were bought by the Department of Agriculture from Eastern Nigeria. This scheme spurred most peasant farmers to engage in yam cultivation thereby reducing the loss of currency to Eastern Nigeria (Ndum 1965).

Yam cultivation in Cameroon is mostly handled by peasant farmers whose husbandry cannot cope with the production of the required tonnage by the population. Research work was therefore very necessary to be carried out on yams to provide the farmers with elite materials and a well developed "cropping package" of technology to increase production. In 1969, work was planned for :

- i) Collection within Cameroon, importation of yam types and the study of their performances in different agro-ecological zones ; simple classification, multilocational cultivar yield trials and determination of their nutritional composition ; selection of elites for multiplication and distribution to growers.
- ii) Studies of various cultural techniques to identify the best for their cultivation.
- iii) Studying the effects and economics of fertilizer use.
- iv) Studying of the economics of yam production, diseases and pests associated with its production and tuber storage. (LYONGA 1976).

Comportment/ecosystem varietal yield evaluation of yams has been going on in the various yam growing zones of Cameroon. A collection plot of ninety accessions within eight species of edible yams grown in Cameroon has been evaluated and elites adapted to different agro-ecological zones selected (LYONGA 1976). It is the continuous evaluation of yam cultivars at different ecologies that led to this comportment studies of *Dioscorea esculenta* (lesser or chinese yams).

The chinese or lesser yam (*D. esculenta*) has the same tuber sizes like the solanum potato (*Solanum tuberosum*). The natural constraints in yam production, which include very high costs in land preparation, staking, harvesting and the very low multiplication ratio, place *D. esculenta* and *D. trifida* on an advantage.

From the viewpoint of mechanized agriculture, plants producing larger number of individually smaller tubers would be at an advantage and would probably be most promising for study. (COURSEY 1970).

MATERIALS AND METHODS

In 1980, three cultivars of *Dioscorea esculenta* (lesser or chinese yams) were gotten from a germplasm plot at Ekona and evaluated for their tuber yields in two agro-ecological zones. The cultivars 171 from Ibadan, Nigeria, 272 and 372, locally collected, were evaluated for their tuber yields at (Mile 17) 550 meters asl, medium highland altitude and young volcanic soils and also at Yoke, 80 meters asl, lowland and sandy sedimentary soils.

Four ten meter ridges were planted to each variety at 1 x 1m. A randomised complete block design was used with five replications and a plot size of 40 m'. Planting was done every March and harvested in November. The plants were staked using the trellis system with local materials. The two middle ridges were sampled for data collection. The experiment was repeated for three years and data on the tuber yields were collected and analysed.

RESULTS :

TABLE : Mean Tuber number per 10m² plot and yield (t/ha) of three cultivars of chinese yams (*Dioscorea esculenta*) tested at two locations in Cameroon from 1980-1982.

Cultivars	Mile 17		Yoke	
	Mean Tuber n°/10m ²	Mean yield (t/ha)	Mean Tuber n°/10m ²	Mean yield (t/ha)
171	183.2	14.3*	191.5	19.4
272	141.4	8.4	222.0	21.1
372	147.7	6.9	203.3	20.8
Mean	157.43	9.87	205.6	20.43
LSD (P.=0.05)	53.92	3.78	33.82	3.1

* Significant at 5 %

DISCUSSION AND CONCLUSION

The results do not show any significant yield difference in tuber number among the three cultivars in both locations. The mean tuber number ranges from 14.1 - 22.2 per plant in both locations.

Cultivar 171 has significantly outyielded 272 and 372 in tuber weight by 41.3 and 51.8 per cent respectively ($P = .05$) at Mile 17 medium highland altitude. The three cultivars did not show any statistical tuber weight yield difference at Yoke, lowland sandy sedimentary soils.

On the whole, the three cultivars at Yoke outyielded the same treatment at mile 17 by 51. per cent. It would appear that these cultivars are proving more adapted to this ecology than the former. The soils in this lowland sandy sedimentary soils are loose and do not impede tuberisation unlike the heavy and stony volcanic soils of mile 17. This maybe the reflection on the slight increase in tuber number per plant at Yoke in all the cultivars.

Harvesting of tubers was also easier at Yoke with loose soils than at mile 17 with heavy soils. Fungal diseases, which scorched the leaves of the plants, were more pronounced at mile 17 during the crop's lifecycle than at Yoke. This maybe one of the contributing factors to poorer yields at mile 17.

Although the three cultivars proved to be more adapted to the lowland sandy sedimentary soils, profitable tuber yields can be obtained at mile 17 medium altitude volcanic soils if cultivar 171 is used. The Yoke ecology, where these cultivars are more adapted, has poor soils. Judicious use of organic and inorganic fertilizers may more than double the tuber yields. Fertilizer studies will be very necessary for recommendation of the type and best levels for higher yields of *D. esculenta* in this area.

The nature of the plant does not pose any constraints in its production when compared with other yam species. The small vine structures produced by the chinese yams will not require big and tall stakes. The manner in which its tuber are formed does not require large seed beds or digging of holes as other yam species such as *D. rotundata*.

It also a very high mean multiplication ratio of 1:20 and will not constitute a problem in a acquiring planting material. The chinese yam lends itself to mechanisation due to the numerous small tubers it produces which can be mechanically planted and harvested. This yam therefore has a brighter future than most yam species. This yam is very palatable and the manner in which it can be eaten-fried chips, boiled, pounded as "fufu" and porridge - still gives it a better chance for increased production. Since this yam can

do well under hot humid tropics, more research work should be carried out on it on increase its production because it can take the place of *Solanum* potato and could possibly give rise to the "Yam of the Future".

REFERENCES

- CNRCIP (1980) Cameroon National Root Crops Improvement Programme Annual Technical Report.
- COURSEY D.G. and F.W. MARTIN (1970) The past and future of the Yams as PLANT CROPS. pp. 87 - 90 Proceedings of the Second International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, August 22 - 30, 1970, Hawaii.
- LYONGA S.N. (1976) Production investigation on Edible yams (*Dioscorea* spp) in the Western and North Western Highlands savanna Zones of the United Republic of Cameroon. Ph.D. Thesis, Dept. of Agronomy, Faculty of Agric. and Forestry Un. of Ibadan.
- NDUM S.N. (1965) West Cameroon "Yam Scheme" Half Yearly Bul. Min. Nat. Res. N° 3, June, 1965 pp. 21-24.

ACCROISSEMENT DE LA VARIABILITE DE *D. CAYENENSIS-ROTUNDATA* DANS LA REGION CARAIBE

(Increasing the variability of *D. cayenensis-rotundata* in the caribbeans)

I. DEGRAS

Centre INRA Antilles-Guyane
Station d'Amélioration des Plantes
B.P. 1232
97184 POINTE-A-PITRE CEDEX
GUADELOUPE

RESUME

D. cayenensis-rotundata est une igname majeure dans la Caraïbe comme dans l'Ouest de l'Afrique Tropicale. Mais sa variabilité y est considérablement moindre. Des insuffisances des cultivars traditionnels apparaissent, notamment, quant à l'adaptation à certaines écologies, à l'évolution culturale et aux attaques parasitaires. Aux introductions clonales, encore limitées par les contaminations possibles, il a été ajouté des graines d'hybrides en provenance de l'IITA (Nigeria). En plus de la variation évidente dans la centaine de clones en observation à l'INRA (Guadeloupe), la production locale de milliers de graines à partir de ces descendance ouvre la voie à un programme d'amélioration génétique.

SUMMARY

D. Cayenensis-rotundata is a major yam in the Caribbeans, as well as in West Tropical Africa. But, here its variability is markedly lower. Lack of performance of traditional cultivars appears, for instance regarding some ecological adaptations, the cultural evolution and parasitic attacks. To the clonal introduction, still limited by the possible contaminations has been added the hybrids seeds one from IITA (Nigeria). Moreover, out of the evident variation within the hundred clones in observation at INRA (Guadeloupe) the local production of thousands seeds from these progenies opens the way to a programme of genetical improvement.

INTRODUCTION

L'introduction de l'espèce complexe *D. cayenensis-rotundata* dans la région caraïbe remonte peut-être aux premiers temps de la Traite. MIEGE (1982) a souligné toute l'ambiguïté créée par la description des "espèces" *D. cayenensis* Lam et *D. rotundata* Poir, à partir de plantes reçues de cette région au lieu de plantes de l'Afrique occidentale, région d'origine effective.

On ne peut savoir exactement comment s'est mise en place la gamme de clones observable aujourd'hui dans les jardins vivriers traditionnels de l'aire antillo-guyanaise. Rien ne permet d'affirmer qu'à une certaine époque la reproduction sexuée n'y a pas contribué, ni que seules les pressions convergentes de la sélection paysanne sont responsables de la réduction considérable de la variation par rapport à celle de l'aire d'origine laquelle pourrait bien avoir entre 500 et 2 500 variétés (MARTIN et SADIK, 1977). On peut seulement constater que nulle part dans la région caraïbe n'est signalée la germination de graines, même lorsque, ce qui semble rare, la floraison femelle y est abondante.

Le principal effort d'accroissement conscient de la variabilité du groupement spécifique sera venu de l'introduction de quelque 200 clones par F.W. MARTIN (1976) à Puerto-Rico. Mais s'il devait en recommander une douzaine, il renoncerait à en assurer la diffusion compte-tenu de l'ampleur des manifestations virales chez la plupart des clones. Aussi, dans chaque île des Antilles et chacune des Guyanes, on ne rencontre toujours qu'un éventail limité de clones, dont plusieurs paraissent très voisins, sinon identiques, d'une portion de l'aire à l'autre.

Certes, on connaît quelques évolutions mineures, par exemple avec des transferts d'une île à l'autre, tels celui de "Negro Yam" de la Jamaïque à Puerto-Rico ou l'entrée en observation en Guadeloupe, à l'INRA, de plusieurs cultivars de la Caraïbe (Dominique, Haïti, Jamaïque, Martinique). De même d'autres introductions directes ont été faites, du Bénin (collection IRAT de 1964 confiée à l'INRA en 1966) et de Côte d'Ivoire ("Lokpa", "Kangba" et tout récemment "Krenglé") par exemple. Peut-être que l'étude plus systématique, plus approfondies, du groupe *Cayenensis-rotundata* désormais urgente y révélera les aptitudes nouvelles et nécessaires jusqu'ici douteuses.

En effet l'évolution économique et agricole des Antilles fait surgir de nouvelles contraintes en même temps qu'une demande accrue à l'égard de ce groupe. Après les avoir évoquées nous rappellerons brièvement les caractéristiques dominantes des variétés disponibles et les espoirs que suscitent les récentes introductions de semences hybrides de l'IITA (Nigéria).

EXIGENCES SOCIO-ECONOMIQUES ET CULTURALES NOUVELLES DANS LA PRODUCTION DES VARIETES DE *D. CAYENENSIS-ROTUNDATA*. OBJECTIFS DE SELECTION

Parmi les facteurs socio-économiques entraînant des contraintes et des possibilités nouvelles dans la production des variétés de ce groupe il y a l'accentuation des difficultés économiques et sociales, la régression des surfaces en Canne à Sucre et donc leur disponibilité partielle pour des cultures vivrières, une demande croissante, (localement, et dans les villes des USA et de l'Europe où émigrent des Antillais et des Africains) à l'égard de ces symboles des "racines" africaines.

Une première conséquence est la fréquence croissante d'une orientation spéculative des jardins vivriers à base d'igname dont *D. cayenensis-rotundata* constitue la principale dominante (CRABOS, 1983 ; MARLIER, 1983 ; ETIFIER-CHALONO, 1985). Cette orientation, si elle implique parfois un accroissement de la fertilisation minérale, d'ailleurs très empirique et d'effet pas toujours évident (ETIFIER-CHALONO, 1985), s'accompagne d'une restitution faible à nulle de la matière organique exportée, et d'une tendance à la simplification des associations culturales traditionnelles vers une culture monovariétale sur plusieurs hectares à base de *D. cayenensis-rotundata* cv Grosse Caille en Guadeloupe (Portugaise en Martinique, Lady's Yam en Dominique). Des conduites nouvelles du champ apparaissent : accroissement des densités de plantation, désherbage chimique, plantation pour récolte hors saison, début d'irrigation, réduction des rotations et, en liaison avec le développement de cultures maraichères, utilisation de l'igname dans des successions culturales inhabituelles. Ces aspects d'une tendance à l'intensification de type industriel sont peut-être responsables de signes indiscutables de déséquilibre de l'écosystème cultural, de fatigue des sols principalement. La fréquence et le niveau élevé des attaques de nématodes, dans des aires de cultures intensives (KERMARREC, ANAIS, 1981) et dans des parcelles expérimentales (INRA, Domaine de Duclos, en 1983) sont alarmants.

L'accroissement de la demande de *D. cayenensis-rotundata* pose deux problèmes.

Au plan écologique, elle exige une meilleure adaptation des cultivars ou de la technique culturale aux régions à saison sèche plus longues, plus erratiques et intensives que celles de la Côte au Vent de Basse-Terre de Guadeloupe. C'est la conséquence de la réduction de la production des *D. alata* du type "Pacala", lourdement affectée par l'anthracnose (DEGRAS et al., 1983), production quasi-exclusive de bien des zones de la Grande-Terre jusqu'à 1977. Dans certaines de ces zones des cultivateurs tentent de répondre aux contraintes écologiques par la culture de *D. caye-*

nensis-rotundata en récolte unique tardive, comme certains cultivateurs d'igname Jaune de Jamaïque ou, pour beaucoup de variétés, d'Afrique.

Au plan physiologique, la plante doit permettre des taux de multiplication plus élevés, qu'il s'agisse du tubercule de semence (2ème récolte) du tubercule commercialisable (1ère récolte) ou de la récolte unique, sans parler de l'aptitude au bouturage horticole (cf MATHURIN, DEGRAS, ce Symposium) et au microbouturage (cf ARNOLIN, idem).

Enfin, bien que le niveau de la demande permette jusqu'ici de rentabiliser les charges élevées de tuteurage et de main-d'oeuvre (CRABOS, 1983), des sollicitations pour une mécanisation, même partielle, de la récolte, requièrent des cultivars productifs sans tuteurage, à tubercules non digités et peu allongés.

La sélection des *D. cayenensis-rotundata* doit en résumé conduire désormais à une gamme de cultivars satisfaisant aux objectifs suivants, dont les plus importants sont soulignés :

- 1- Productivité élevée de tubercules de haute valeur commerciale,
- 2- indifférence à l'époque de culture et/ou bonne conservation après récolte,
- 3- indifférence aux successions culturales
- 4- taux de multiplication élevé,
- 5- tolérance à la sécheresse,
- 6- résistance aux nématodes
- 7- valorisation de l'irrigation
- 8- adaptation à de fortes densités,
- 9- réponse à la fertilisation minérale et/ou tolérance aux sols médiocres
- 10- indifférence aux désherbants
- 11- productivité sans tuteur
- 12- adaptation à la récolte,
- 13- récolte mécanisable.

N.B. Plusieurs de ces objectifs sont interdépendants.

QUELQUES TRAITS DES CULTIVARS LOCAUX ET INTRODUIITS EN COLLECTION A L'INRA

Au sein de la collection INRA de 43 cultivars de *D. cayenensis-rotundata* on retrouve les deux sous-groupes typifiés par les cultivars de Guadeloupe "Grosse Caille" et "Igname Jaune", correspondants aux "White Yam" et "Yellow Yam" nigériens ou aux *D. rotundata* et *D. cayenensis* de COURSEY (1967) respectivement. On peut rattacher à *D. rotundata* : Portugaise (Martinique), Mozella (Jamaïque), V17/2 Morokorou (Bénin), Salagnac 80 (Haïti) par exemple ; à *D. cayenensis* Poule (Martinique), Yellow (Jamaïque), Anglé, Jaune Salagnac (Haïti), DA 2 (Guyane), Lokpa (Côte d'Ivoire) etc... Quelques cultivars paraissent de type intermédiaire (Portugaise, Dominique par

2 (Guyane), Lokpa (Côte d'Ivoire) etc... Quelques cultivars paraissent de type intermédiaire (Portugaise, Dominique par exemple).

L'appareil aérien, en général peu diversifié à l'intérieur des sous-groupes, varie notamment par la présence et l'intensité des anthocyanes et des cires cuticulaires (glauescence), celles des épines, la dimension des organes et la rigidité des axes et des limbes. Les *D. cayensis* (Igneuse Jaune) fleurissent souvent mais sont généralement mâles. "Poule", femelle, ne fleurit pas régulièrement. La floraison des *D. rotundata* est rare. Aucune germination n'a été obtenue.

Au niveau de l'appareil souterrain, outre la présence ou non d'épines sur les racines les plus superficielles, un examen attentif du tubercule se révèle plus discriminant : couleur de l'écorce, du phelloderme et de la chair, texture de celle-ci (fraîche et cuite), présence, dimension, orientation des digitations.

Enfin le peu d'étude sur la physiologie comparée de ces cultivars et les pratiques paysannes laissent entrevoir une certaine diversification à ce niveau ; de même les variations différentes du rendement de clones du groupe Grosse-Caille de Guadeloupe : le classement des clones est modifié suivant que la récolte initiale (de consommation) a lieu en septembre ou en octobre.

On soupçonne par ailleurs des aptitudes quelque peu différentes de ces cultivars à la récolte unique, généralement, au Domaine Duclos, de l'ordre de grandeur de la récolte séquentielle, la seule pratiquée en Guadeloupe jusqu'à ces derniers temps.

Par contre rien ne permet de reconnaître parmi ces cultivars quelques différences de sensibilité à l'égard des principales contraintes récemment apparues ici dans leurs cultures : les attaques de nématodes (*Pratylenchus coffeae* principalement), et l'appauvrissement des sols en matière organique.

Rien non plus ne permet de considérer certains cultivars comme moins inaptes à la culture sans tuteur, dont les rendements, affectés souvent par les attaques de *Rhizoctonia solani*, paraissent toujours excessivement inférieurs à ceux de la culture tuteurée.

Ainsi, bien que l'on puisse certainement mieux cultiver les variétés de *D. cayensis-rotundata* en notre possession, elles n'offrent pas toutes les aptitudes nécessaires aux nouveaux développements, voire au maintien de la production dans les conditions culturelles et socio-économiques de plus en plus prédominantes.

VARIABILITE AFRICAINE DU COMPLEXE D. CAYENENSIS ROTUNDATA POSSIBILITE DES APPORTS DES GRAINES INTRODUITES AUX ANTILLES

L'analyse par taxonomie numérique de moins d'une centaine de cultivars du complexe spécifique, pour l'essentiel originaire du Nigéria, de Côte d'Ivoire, du Ghana et du Bénin a conduit MARTIN et RHODES (1978) à proposer neuf groupes, sur la base de 75 caractères. Et encore, n'ont-ils pas considéré des cultivars marginaux, comme ils le reconnaissent, et non plus des formes de diverses espèces qu'on peut estimer apparentées. On peut rappeler sur ce dernier point les introgressions probables de *D. minutiflora*, *D. manganotiana*, et *D. prae-hensilis* dans le complexe que révèle la chimiotaxonomie enzymatique (HAMON et TOURE, 1982).

Dans la pratique agricole, des cultivars du complexe confirment des aptitudes à nombre des objectifs définis ci-dessus : tolérance à la sécheresse (cultivars de Haute-Volta); niveaux de sensibilité différents aux nématodes, même si l'ordre ne coïncide pas toujours d'un auteur à l'autre, ADESIYAN (1977) et BRIDGE (1978) ; productivité sans tuteur (DEGRAS, 1956), adaptation à la récolte unique (MIEGE, 1952)...

Ces caractères ne sont évidemment pas tous présents chez un seul cultivar, ou un très petit nombre de cultivars, au niveau souhaité, et rien ne prouve que les comportements seraient identiques aux Antilles et associés aux autres caractères requis. Mais une certaine part du potentiel nécessaire à nos objectifs paraît bien exister dans les génomes du complexe. C'est ici que l'introduction de semences hybrides prend toute sa valeur.

Le travail d'hybridation entrepris il y a à peine dix ans par SADIK et OKEREKE (1975) à l'IITA et poursuivi notamment par WILSON (1980), s'il n'a pas encore entraîné des progrès variétaux décisifs au Nigéria, présente deux apports, au moins, du plus grand intérêt dans notre programme. Le premier est la constitution d'un pool génétique débarrassé de sa fraction de combinaisons la plus inutilement "sauvage" : haute fréquence de formes à tubercules hirsutes très longs et très minces, tubercules très ramifiés, faible rapport masse aérienne/masse du tubercule, etc... Le second réside dans l'aptitude accrue à la reproduction sexuée des descendances qui en proviennent.

PREMIERS RESULTATS DE L'INTRODUCTION EN GUADELOUPE DE GRAINES DE TROIS CROISEMENTS EFFECTUES A L'IITA (*)

Le tableau 1 résume quelques données de la conduite du matériel reçu de l'IITA en 1983.

Ce que l'on sait du comportement des descendance de croisements d'igname en général (DEGRAS, 1978) et de celle de *D. cayenensis-rotundata* en particulier (WILSON et VICTOR, 1980) n'autorise pas beaucoup d'affirmation sur la valeur des clones aux stades des deux "générations" observées.

De la "génération" séminale, nous ne signalons qu'une variation notoire de forme du limbe, allant du cordiforme large au cordiforme étroit, l'étalement de la maturation, de 200 à 300 jours environ après le semis, et la variation des dimensions absolues et relatives du tubercule. Son épaisseur a varié de 0,7 à 7,6 cm, sa longueur de 1 à 44 cm, le rapport L/l allant de 0,8 à 14,5 environ. Les floraisons ont été très rares et mâles.

La première "génération" clonale a confirmé les variations importantes de formes des feuilles. L'étalement des maturations pourrait être du même ordre de grandeur mais les pluies diluviennes de la fin de 1984 ont provoqué des pourritures à la base de nombreux tubercules ce qui a pu altérer bien des comportements. La masse des tubercules, normalement accru, en dépit d'une forte densité de plantation et des billons peu élevés, a généralement dépassé 500 g et souvent 3 kilos/plante. La forme est en majorité cylindrique avec parfois des déformations et des ramifications distales (sol compact ?). Le diamètre dépasse souvent 10 cm, la longueur, fréquemment entre 20 et 30 cm atteint parfois 50 cm. Les viroses graves observables sont peu fréquentes, de même les taches foliaires.

Le plus remarquable est que la floraison est de l'ordre de 50 pour cent dont un peu moins des 2/3 mâles. Quelques monoïques ont été repérés. Une soixantaine de femelles fructifères a été observée dont les grappes de capsules totalisent plusieurs dizaines de milliers de graines. La germination de celle-ci est commencée. Nous avons bien, avec cette introduction, ouvert la porte aux Antilles à l'amélioration génétique des *D. cayenensis-rotundata* par leur reproduction sexuée.

(*) Dès 1976 nous avons demandé et obtenu de S. SADIK des graines récoltées à l'IITA. Mais le matériel confié à une unité de recherche sur les viroses n'avait pas été récupéré après les tests. Il en a été apparemment de même pour des lots de seedlings de même origine parvenus vers cette époque dans d'autres îles de la Caraïbe (Trinidad par exemple).

TABLEAU I. PRESSION DE SELECTION DANS LES DESCENDANCES DE POLYCROSS
DE *D. cayenensis-rotundata* INTRODUITES DE L'IITA
EN GUADELOUPE

POLYCROSS (N° IITA)	83-43		83-42		83-32		ENSEMBLE	
	EFFECTIF	% de (1)	EFFECTIF	% DE (1)	EFFECTIF	% DE (1)	EFFECTIF(1)	% RETENU DE LA CULTURE PRECE- DENTE
GRAINES SEMÉES (2.05.83)	390	46,2	228	27,0	225	26,7	843	
PLANTULES AU CHAMP (1983)	330	54,5	168	27,8	107	19,1	605	
PLANTES RECOLTEES (29.11.83)	313	56,0	151	27,0	95	17,0	559	92,7
CLONES REPLANTES (24.01.84)	275	54,0	142	27,9	92	18,1	509	91,1
CLONES RECOLTES (Oct-Dec 84)	227	55,0	121	29,3	65	15,7	413	81,1
CLONES REPLANTES (Février 1984)	86	72,3	14	11,8	19	16,0	119	28,8

Les populations clonales issues du cycle séminal initial en Guadeloupe serviront avant tout de banc d'essais pour asseoir des méthodes de sélection dans le cadre des objectifs indiqués précédemment. L'accent sera mis sur l'association de la rusticité à la productivité et à la qualité en condition de culture non tuteurée à récolte unique. Mais dès que possible (la méthodologie est à l'étude en liaison avec la station de Zoologie du Centre) la variabilité des sensibilités aux nématodes (*Pratylenchus coffeae* d'abord) sera testée. Par ailleurs dès la troisième culture clonale le matériel sera réparti sur le réseau d'expérimentation variétale mis en place des Guyane au nord des Petites Antilles, avec la collaboration du CARDI et des Ministères de l'Agriculture. Parallèlement, en fonction de leurs performances, des clones florifères seront associés pour les hybridations contrôlées d'un second cycle de sélection. Même si des progrès en direction des objectifs indiqués étaient acquis au terme de la sélection des clones du premier cycle, il nous paraît peu vraisemblable que les meilleurs d'entre eux surclassent d'emblée les meilleurs cultivars traditionnels. Soit qu'ils s'avèrent plus fragile à l'accumulation des viroses (cas de nos obtentions en *D. trifida* et de certaines obtentions de l'IITA (IITA, 1980), soit qu'ils réalisent un équilibre moins satisfaisant des facteurs cultureux et culinaires, etc...

Une attention particulière sera accordée aux possibilités fructifères des monoflores pour leur contribution éventuelle à une amorce de l'étude de l'hérédité des caractères, notamment.

Pour tous les caractères, des techniques de sélection précoce et de tri sous pression renforcée de facteurs discriminants seront recherchées (par exemple, utilisation du bouturage pour l'évaluation statistique des clones aux plans pathologiques et physiologique dès la première culture clonale ; stress artificiels pour tester leur homeostasie vis à vis des excès climatiques, etc...).

Enfin la contribution de l'informatique pourra être, entre autres, de tenter l'attribution des clones aux groupes taxonomiques proposés par MARTIN et RHODES (1978) comme élément d'une recherche de méthodologie de sélection basée notamment sur des hypothèses de distance génétique au sein du groupement spécifique.

REMARQUES - CONCLUSION

L'élargissement de la variabilité de *D. cayenensis-rotundata* ne sera évidemment pas suffisante à partir de l'introduction des trois populations hybrides seulement, surtout que nous ne savons rien jusqu'ici de l'ampleur de leur base

génétique. Il faudra donc organiser avec l'IITA des transferts réfléchis de matériels nouveaux pour une base génétique largement diversifiée.

A la diversification nouvelle devrait s'ajouter la récupération de la diversité potentielle des matériels traditionnels par des tentatives de croisement des quelques cultivars florifères avec des géniteurs introduits à haut potentiel de fructification.

Enfin, sans en attendre d'emblée des merveilles on devrait pouvoir accroître bientôt la variabilité par la callogenèse in vitro (FAUTRET et al., ce Symposium) et plus tard la fusion de protoplastes (travaux entrepris à l'ORSTOM en Côte d'Ivoire).

En conclusion, on peut estimer désormais dépassée l'idée trop répandue de la fermeture des espèces d'igname majeures à l'amélioration génétique par la voie sexuée. La récupération de la fertilité et son exploitation sont des faits accomplis chez *D. cayenensis-rotundata*. Pour peu que la recherche s'y applique, le processus analogue amorcé chez *D. alata* (IITA, 1980) ouvrira une brèche encore plus significative en ce domaine. Et d'autres la suivront.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADESIYAN, S.O. 1977. Penetration and multiplication of *Scutellonema bradys* in yams (*Dioscorea* spp). Nematol. medit. 5, 313-17, cf. MIEGE, LYONGA, ed. 1982. pp. 263.
- ARNOLIN, R. 1985. Réactions différentes de l'igname (*Dioscorea* L.) au bouturage *in vitro* selon le cultivar. VIIe Symposium ISTRC. Guadeloupe.
- BRIDGE J. 1978. Yams nematodes. Séminaire International sur l'igname, Buea, Cameroun, C.R. p. 305-324, cf. MIEGE, LYONGA, 1982 pp. 253-264.
- COURSEY D.G. 1967. Yams. Longmans. London.
- CRABOS D. 1983. Approche socio-économique de la production vivrière en Guadeloupe : le cas de la commune de Petit-Bourg. Mémoire de fin d'études ENSAM. Dactylo. 66 pp. + biblio + Annexes 36 pp.
- DEGRAS L. 1956. Travaux du Laboratoire de génétique. Station expérimentale des plantes alimentaires de Bouaké. Rapport annuel, dactylo, 190 pp. Archives, INRA-Guadeloupe
- DEGRAS L. 1978. Les problèmes d'amélioration génétique de l'igname vus à travers celle de *Dioscorea trifida* L. Cf. MIEGE et LYONGA E. 1982 p. 3-16.
- DEGRAS L. et al. 1983. Données sur des cultivars de *D. alata* peu sensibles à l'antracnose *Colletotrichum gloeosporioides*. Proceedings Vith Symposium ISTRC. Perou. CIP 1984 627-632.
- ETIFIER-CHALONO E. 1985. Etude descriptive des jardins traditionnels de la campagne de Sainte-Marie, Martinique. Thèse de Doctorat de III^e cycle, USTL Montpellier. Dactylo 137 p + Annexes 128 p.
- HAMON P. et TOURE B. 1983. Etude du polymorphisme enzymatique par électrophorèse sur gel d'amidon de quelques populations d'ignames spontanées et cultivées de Côte-d'Ivoire (*Dioscorea* spp).
- IITA, 1980. Annual Report for 1979. Ibadan. Nigeria.
- KERMARREC A. et ANAIS A. 1981. Physionomie d'une grave parasitose de l'igname Grosse caille (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) due au nématode *Pratylenchus coffeae*. Station de Zoologie et de Lutte biologique - Laboratoire de Nématologie. INRA-CRAAG.
- MARLIER C. 1983. Approche agronomique de la production vivrière d'une petite région de Guadeloupe. Mémoire de fin d'étude ENSAM. Dactylo 96 p. + biblio + Annexes.

- MARTIN F.W. 1976. Selected yams varieties for the tropics. Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. COCK J. and Mc INTYRE Ed. IDRC-CIAT, Colombia pp. 44-49.
- MARTIN F.W. et SADIK S. 1977. Tropical yams and their potential. Part IV. *Dioscorea rotundata* and *Dioscorea cayenensis*. Agricultural Handbook. No. 502. USDA, USAID. Cf. MIEGE et LYONGA Ed. 1982 p. 15.
- MARTIN F.W. et RHODES A.M. 1978. The relationship of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*. Trop. Agric. 1978, 55, 3, 193-206.
- MATHURIN P. et DEGRAS L. 1985. Principaux résultats dans la multiplication végétative de l'igname (*Dioscorea* sp.) : Conséquences pour la production aux Antilles. VIIe Symposium ISTRC, Guadeloupe. 7 pp.
- MIEGE J. 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* d'Afrique occidentale. Thèse Sc. Nat. 266 p.
- MIEGE J. 1980. Note sur les espèces *Dioscorea cayenensis* Lamk et *D. rotundata* Poir. Cf. MIEGE, LYONGA, Ed. 1982 p. 367.
- SADIK S., OKEREKE O.U. 1975. Flowering, pollen grain germination, fruiting, seed germination and seedling development of white yam, *Dioscorea rotundata*. Annals of Botany, 39 : 597-604.
- WILSON J. and L. VICTOR. Relationships between seedlings and their vegetative progenies in white yam (*Dioscorea rotundata*). Colloque INRA Séminaire International sur l'igname 1981 pp. 269-278.

STUDIES ON THE CRITICAL PERIODS OF WEED COMPETITION IN YAMS
(DIOSCOREA ROTUNDATA POIR AND DIOSCOREA ALATA)

*Etudes sur les périodes critiques de compétition des mauvaises herbes
avec les ignames (D. rotundata Poir et D. alata)*

A.J. BEALE
G. CALDERON
J. CORTES
C.E. ROJAS

Crop Production Department, CATIE, Turrialba, COSTA RICA

SUMMARY

Field experiments were conducted at Corozal and Isabela, Puerto Rico and Guapiles, Costa Rica to determine the critical periods of weed competition in yams (*Dioscorea rotundata* Poir and *Dioscorea alata*). The experiments were carried out under high input agriculture where the crop was fertilized, staked, and prevention practices for disease, insect and nematode control taken.

At Corozal and Guapiles, the predominant weeds were grasses. At Isabela, grasses were among the most important weeds, but morningglory (*Ipomoea tiliacea*) was the predominant weed. The critical period in which weeds need to be controlled to avoid yield losses was found between 4 and 10 weeks for Costa Rica and between 8 and 10 weeks for Puerto Rico.

RESUME

Les expérimentations culturales ont été conduites à Corozal et Isabela à Puerto Rico et Guapiles au Costa Rica, pour déterminer les périodes critiques de compétitions des mauvaises herbes avec les ignames *D. rotundata* Poir et *D. alata*. Les expérimentations ont été faites en culture intensive, fertilisée, tuteurée, traitée préventivement contre les maladies, insectes et nématodes.

A Corozal et Guapiles les mauvaises herbes prédominantes étaient des graminées. A Isabela, elles étaient aussi parmi les plus importantes, mais *Ipomoea Tiliacea* était prédominante. La période critique pendant laquelle le contrôle des mauvaises herbes éviterait les pertes de rendement était entre la 4^e et la 10^e semaine au Costa Rica et entre la 8^e et la 10^e semaine à Puerto Rico.

INTRODUCTION

Yams are staples foods in parts of Western Africa and the Caribbean. World production was 22 million metric tons worth US\$3.5 billion in 1981 (Horton *et al.*, 1983). During 1983, 2.5 million hectares were planted world-wide and production amounted to 23.3 million metric tons (FAO Production Yearbook, 1983). In Puerto Rico, yams are the most important root and tuber crops. Production was worth US\$ 8 million at the farm level during 1980-81. During 1983, 2000 hectares were planted, yielding 13 000 metric tons (FAO Production Yearbook, 1983). Yams are not widely consumed in Costa Rica. Although only 100 hectares are under production, a profitable export market exists for the crop.

In Puerto Rico and Costa Rica, the crop is grown by small scale farmers with limited resources under hot and humid conditions. Annual rainfall varies from 1500 mm in Puerto Rico to over 3000 mm in Costa Rica. At both countries, the range in temperatures in the yam growing regions is from a minimum average of 19°C to a maximum average of 30°C. Under these conditions, weeds thrive. The long growing season of the crop (7 to 10 months) increments the weed competition problem.

The size of yam plantings generally ranges from 0.8 to 1.2 ha (Gonzalez- Villafane *et al.*, 1980) in Puerto Rico. In Costa Rica, most of the plantings are of less than 1.0 ha. Mechanization has not been possible because of the relatively high costs of machinery and the moist conditions of the soil. The sloping nature of the land under yam production is an added problem in Puerto Rico.

Few herbicides are legally allowed for use in yams in Puerto Rico. In Costa Rica, herbicides generally are very expensive. Hand weeding is in many cases the best alternative for weed control. However, hand labor is scarce and expensive in the yam growing regions of both countries.

The topography of the land and the high rainfall which prevails in the central mountain region of Puerto Rico where yams are grown favors soil erosion where no ground cover is available to prevent it. Weeds, although detrimental for crop production, serve as ground cover and prevent erosion.

The fertile soils of Costa Rica, together with the other favorable climatic conditions favors a weed pressure which requires very frequent hand weeding to keep the crop weed free. The costs of weeding are high, and the risk of damage to the crop's roots is serious. Therefore, it is desirable to determine the stage (s) of the crop growth cycle when weeds have an adverse effect on its production. If weeds are controlled only at these stages, the costs of production would be lessened, the risks of erosion reduced and mechanical damage to the roots minimized. The objective of this study is to determine the stages in the growth of

yam (*Dioscorea rotundata* Poir and *D. alata*) in which weed competition does not cause a detrimental effect on yield.

MATERIALS AND METHODS

A series of three experiments were planted at the Corozal and Isabela Research and Development Centers of the Agricultural Experiment Station of the University of Puerto Rico, and at a private farm in Guapiles, Costa Rica. The dates of planting and harvest, climatic data, altitude, species and cultivar of yam, statistical design, number of treatments and replications, plot size, and total and experimental plants per plot are shown in Table 1. The soil type, texture and chemical analyses of the three sites are shown in Table 2. The agronomic management practices carried out at the three experiments are shown in Table 3.

The principal species, *Dioscorea rotundata* in Puerto Rico and *D. alata* in Costa Rica, was used for the experiment in each country. Seed pieces were prepared by cutting off and discarding both the proximal and distal ends of the tuber, and sectioning the remainder into pieces ranging from 100 to 170g. Immediately after cutting, they were dipped in a solution containing thiabendazole with or without oxamyl. After treatment, the seed pieces were spread in a shaded area and allowed to suberize for a few days. At Guapiles, they were covered with moist wood shavings for two weeks.

Seed pieces were planted on the top of the beds and completely covered with soil. A month to six weeks after planting, yam vines were either staked individually or tied to a wire. At Corozal, aldicarb was applied to the soil at 0.22 g a.i. per m of bed length. Applications of oxamyl and methomyl were made to the foliage in the later part of the season for further control of nematodes and insects. At Guapiles, benomyl at 0.2 to 2.0 and captafol at 2 kg i.a./ha were applied to the foliage at regular intervals as a prevention of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*).

A set of the experimental treatments consisted of hand weeding the crop for a specified period from planting and allowing free weed growth thereafter. While a second set of treatments consisted in allowing free weed growth for a specified period after planting and hand weeding the yams thereafter until harvest. Two control treatments were included: 1) Hand weeding from planting to harvest, and 2) no weed control. Treatments for the three experiments are shown in Table 4.

The set of treatments hand weeded for a specified period after which free weed growth was allowed were hand weeded at the following weeks from planting:

TABLE 1. Dates of planting and harvest, climate, altitude, species and cultivars of yam, statistical designs, number of treatments and replications, plot size, total and experimental number of plants per plot of experiments at Corozal and Isabela, Puerto Rico, and Guapiles, Costa Rica.

	Corozal	Isabela	Guapiles
Date of planting	July 29, 1981	April 8, 1982	February 13, 1984
Date of harvest	May 13, 1982	December, 1982	November 20, 1984
Rainfall ^{1/} (mm)	1650	1769	3200
Mean maximum temperature (°C)	30	30.4	26 to 30
Mean minimum temperature (°C)	19	19	19 to 21
Altitude (masl)	200	128	80
Species	<u>D. rotundata</u>	<u>D. rotundata</u>	<u>D. alata</u>
Cultivar	Guinea Negro	Guinea Blanco	Antillano
Statistical design	Partially balanced incomplete blocks	Randomized complete blocks	Randomized complete blocks
Number of treatments	10	11	16
Number of replications	5	5	5
Plot size (m ²)	27.6	17.9	39
Total number of plants per plot	60	28	75
Number of experimental plants/plot	30	10	33

^{1/} For Corozal mean annual rainfall, for Isabela rainfall during growing season + irrigation, for Guapiles rainfall during growing season.

TABLE 2. type, texture and chemical analyses of the soils at the experimental sites in Corozal and Isabela, Puerto Rico, and at Guapiles, Costa Rica.

	Corozal	Isabela	Guapiles
soil type	Aquic Tropudults	Tropeptic Haplorthox	Typic Distrandept
Texture sand (%)	23	35-53	43-67
Silt (%)	29	24-44	22-38
Clay (%)	48	17-27	7-19
pH	5.0 to 5.4	5.9 to 6.5	5.3 to 5.8
Organic matter	2.2 to 3.2	4.3 to 5.2	5.2 to 8.1
p (ppm) ^{1/}	0 to 2	7.2 to 11.7	4.4 to 4.9
K (ppm)	178 to 393	245 to 270	68 to 117
Ca	1538 to 1929	-	220 to 620
Mg	103 to 149	70 to 120	60 to 96

^{1/} Bray I method for Corozal, Bray II for Isabela and Olsen for Guapiles

TABLE 3. Crop management practices for the experiments at Corozal and Isabela, Puerto Rico and Guapiles, Costa Rica.

	Corozal	Isabela	Guapiles
Seed piece weight (g)	112-128	140-170	100-150
Chemical treatment of seed piece:			
Thiabendazole (ml/l)	10	2.6	2
Oxamyl (ml/l)	10	3.2	0
Time of immersion (min.)	15	10	10-15
Planting distance (m)	1.5 x 0.3	1.2 x 0.6	1.5 x 0.35
Area per plant (m ²)	0.45	0.72	0.53
Fertilization at planting (kg/ha)	-	-	150 kg/ha P ₂ O ₅
Other fertilization (N-P-K-Mg) (kg/ha)	180-78-300-60	110-87-87-0	230-23-230-0
Timing of fertilization (months after planting)	1 and 3	2.25 and 4	3.5
Fertilizer formula	8-8-12 + sulpo MAG	8-8-12	TSP and 20-3-20
Staking height (m)	Tied to wire	Tied to wire	Individual
	1.5	1.2 to 1.4	stake 2.3
Fungicide applied to foliage (kg)	-	-	Benomyl 0.2-2.0 per application

Weeded until week :Hand weeding carried out a week number :COROZAL

10	10
17	10, 17
22	10, 17, 22
28	10, 17, 22, 28
37	10, 17, 22, 28, 37

ISABELA

4	4
8	4, 8
12	4, 8, 12
16	4, 8, 12, 16
20	4, 8, 12, 16, 20
24	4, 8, 12, 16, 20, 24

GUAPILES

4	4
8	4, 8
10	4, 8, 10
12	4, 8, 10, 12
14	4, 8, 10, 12, 14
16	4, 8, 10, 12, 14, 16
20	4, 8, 10, 12, 14, 16, 20
the whole season	4, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 28

The second set of treatments, where weed growth was allowed for a specified period, were hand weeded from then until harvest at the same interval as the other experimental treatments receiving hand weeding. At Corozal, for instance, the treatment where free weed growth was allowed until the 10th week received hand weeding at 10, 17, 22, 28 and 37 weeks after planting. At Guapiles, the same treatment, where free weed growth was allowed until the 10th week received hand weeding at 10, 12, 14, 16, 20, 24 and 29 weeks after planting.

RESULTS

The total yield of tubers for the experiments at Corozal and Guapiles and the yield of commercial tubers at Isabela are shown in Table 5. At Corozal, no differences were found between the treatment hand weeded only at 10 weeks after planting, and those weeded from 10 weeks on, including the one hand weeded until harvest. Where weed competition was allowed for 17 weeks after planting, lower yields were obtained than where allowed for 10 weeks, indicating that hand weeding must begin before the 17th week in order to

TABLE 5. Total yield of tubers in the experiments at Corozal, Puerto Rico and Guapiles, Costa Rica, and commercial yield of tubers at Isabela, Puerto Rico.

								Corozal	Isabela	Guapiles
								-----t/ha-----		
Hand weeded for	4 weeks, free weed growth thereafter							6.92c	33.39 bcd	
"	"	8	"	"	"	"	"	20.82b	34.92 bcd	
"	"	10	"	"	"	"	"	18.507a	39.93abc	
"	"	12	"	"	"	"	"	30.60a	41.25abc	
"	"	14	"	"	"	"	"		41.64ab	
"	"	16	"	"	"	"	"	26.67a	40.80abc	
"	"	17	"	"	"	"	"	20.621a		
"	"	18	"	"	"	"	"			
"	"	20	"	"	"	"	"	29.95a	36.87abcd	
"	"	22	"	"	"	"	"	23.750a		
"	"	24	"	"	"	"	"	25.98a		
"	"	28	"	"	"	"	"	22.865a		
"	"	37	"	"	"	"	"	20.978a		
the whole season									44.77a	
Weed competition for	4 weeks, hand weeding thereafter							25.98a	44.10a	
"	"	8	"	"	"	"	"	27.01a	33.28cd	
"	"	10	"	"	"	"	"	21.239a	35.44bcd	
"	"	12	"	"	"	"	"	17.95b	36.62abcd	
"	"	14	"	"	"	"	"		34.88bcd	
"	"	16	"	"	"	"	"	7.39c	36.83abcd	
"	"	17	"	"	"	"	"	13.205b		
"	"	18	"	"	"	"	"			
"	"	20	"	"	"	"	"	5.79c	40.44abc	
"	"	22	"	"	"	"	"	7.155bc		
"	"	24	"	"	"	"	"			
"	"	28	"	"	"	"	"	5.870c		
"	"	37	"	"	"	"	"	6.033c		
the whole season								3.91c	29.15bd	

avoid yield losses.

Yields at Corozal were further reduced when weed competition was allowed for 28 or more weeks as compared to 17 weeks. Thus, it is still feasible to hand weed fields which have been weed infested for 17 weeks, for there will be a response in production.

At Isabela, no differences in commercial yield were found between the treatment hand weeded throughout the whole cycle, and those where weeding was begun at 8 weeks after planting. Yields were decreased when weeding was begun at 12 instead of at 8 weeks after planting. Therefore, results show that it is not necessary to control weeds for the first 8 weeks from planting, but weed control operations must begin between 8 and 12 weeks after planting.

Yields were lower where hand weeding operations were carried out only at 4 weeks than where carried out until the 8th week from planting. They were also lower where hand weeding was conducted until the 8th week as compared to hand weeding until the 12th week from planting. No differences in yield were found between hand weeding for 12 weeks or more and the treatment kept hand weeded throughout the growing season.

The results at Isabela show that weeding operations are necessary between the 8th and the 12th week from planting. Weeding operations before the 8th or after the 12th week would be wasteful because they do not have an effect on yield.

At Guapiles, decreases in yield due to weed competition were low. Only a 35% difference in yield was found between treatments hand weeded throughout the season and those which were never hand weeded. Yields were higher where weed competition was allowed for 4 weeks than where allowed for 8 weeks from planting. They were also higher where the weeding was begun at 4 weeks and continued until harvest than where no weed control was made. However, no differences were found between the treatments where weed competition was allowed for 8, 10, 12, 14, 16 or 20 weeks after planting. Results indicate that some weeding is necessary and that weeding operations begun at 4 weeks after planting were associated with the highest yields obtained in the experiment.

Treatment hand weeded up to 4 or 8 weeks after planting yielded less than where weeds were controlled from planting to harvest. However, no differences in yield were obtained between treatments hand-weeded to the 10th, 12th, 14th, 16th or 20th week after planting or where hand weeding were carried out throughout the season. The results show that after the 10th week from planting, additional weeding operations do not affect yam yields. The critical period in which weeds have an adverse effect on yam yields is between the 4th and the 10th week from planting.

The weeds present at the three sites are shown in Table 6. At Corozal and Guapiles, the predominant weeds were grasses. At Isabela, grasses were also among the most important weeds, but the predominant weed was a vine, mornin-glory (*Ipomoea tiliacea*).

Crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) was the predominant weed species at Guapiles, although there was also an abundance of browntop panicum (*Panicum bacciculatum*) sourgrass (*Paspalum conjugatum*), tickle grass (*Panicum trichoides*) goose-grass (*Eleusine indica*) and of the broadleaf weeds (*Melanthera aspera*) and (*Momordica charantia*). At Corozal, both guinea grass (*panicum maximum*) and crabgrass were the predominant species, although caesarweed (*Urena lobata*), goosegrass, spurge (*Euphorbia heterophylla*), Jungle rice (*Echinochloa colonum*) bermuda grass (*Cynodon dactylon*), spreading dayflower (*Commelina diffusa*) and *Momordica charantia* were also important.

Important weeds at Isabela were spurge, johnsongrass (*Sorghum halepense*), *Brachiaria purpureascens*, southern sandbur (*Cenchrus echinatus*), *Axonopus Compressus* and guinea grass. Broadleaves were predominant during the first 24 weeks from planting, while grasses became predominant after the 24th week.

While the main weed species at Guapiles and Corozal were low lying weeds, at Isabela, the predominant weed species during the first six months of growth had a similar growth habit as the yam plant.

The dry weight of weeds in the experiments at Isabela and Guapiles are shown in Table 7.

In general, weed dry weights were higher at Guapiles than at Isabela. However, there was a slow growth of weeds during the first 4 weeks from planting at Guapiles. During this period, weed growth at Isabela was over 7 times faster (1000 kg/ha vs. 131 kg/ha). The slow weed growth was caused by very little rainfall during the first few weeks after planting. This low weed weight at Guapiles was associated with one of the highest yields of yam (44.10 t/ha). The dry weight of weeds at both sites continued to increase as the interval of free weed growth was increased from 4 weeks until harvest. At Guapiles, the dry weight of weeds where competition was allowed until harvest (4450 kg/ha) was higher than where allowed until the 20th week (3039 kg/ha), which was statistically higher than where allowed to the 10th week (1445 kg/ha). Results indicate that weed weights did not reach an equilibrium during the growing season at Isabela or Guapiles.

At both sites weed weights at harvest were reduced to one half by hand weeding up to the 8th week instead of to the 4th. At Guapiles, hand weeding to the 10th week (1432 kg/ha) caused a three fold reduction in weed weight

TABLE 6. Predominant weed species in the timing of weed competition experiments at Corozal and Isabela, Puerto Rico, and at Guapiles, Costa Rica.

Corozal	Isabela	Guapiles
<u>PREDOMINANT WEEDS</u>		
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	<i>Ipomoea tiliacea</i> Willd.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	<i>Panicum fasciculatum</i> SW
<i>Urena lobata</i> L.	<i>Sorghum halepense</i> L.	<i>Paspalum conjugatum</i> Bergins
<i>Eleusine indica</i>	<i>Brachiaria purpurescens</i> (Raddi Henr)	<i>Melanthera aspera</i> (Jacqui) L.C.
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	<i>Momordica charantia</i> L.
<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link.	<i>Axonopus compressus</i> (SW.)Beaw	<i>Panicum trichoides</i> Swartz.
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	<i>Eleusine indica</i> L.
<i>Commelina diffusa</i> Burn. f.		<i>Borreria laevis</i> (Lam) Griesb
<i>Momordica charantia</i> L.		<i>Phytollaca</i> spp.
		<i>Erechtites hieracifolia</i>
		<i>Paspalum paniculatum</i> L.
<u>OTHER WEED SPECIES</u>		
<i>Cyperus rotundus</i> L.	<i>Amaranthus dubius</i> Mart.	<i>Solanum nigrum</i>
<i>Mimosa pudica</i> L.	<i>Oxalis intermedia</i> A. Rich	<i>Phyllanthus niruri</i> L.
<i>Sida acuta</i> Burn. F.	<i>Desmodium tortuosum</i> (SW) Dc.	<i>Pennisetum purpureum</i>
<i>Phaseolus lathyroides</i> L.		<i>Ipomoea</i> spp.
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC		<i>Ochorona pyramidale</i>
<i>Amaranthus dubius</i> Mart.		<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) Dc.
<i>Oxalis martiana</i> Zucc.		<i>Mimosa pudica</i> L.

TABLE 7. Total dry weight of weeds in the experiments at Isabela, Puerto Rico and Guapiles, Costa Rica.

Treatment								Isabela	Guapiles
								-----kg/ha-----	
Hand weeded for 4 weeks, free weed growth thereafter ^{1/}								1,900	5,106 a
"	"	"	8	"	"	"	"	870	2,219 bcd
"	"	"	10	"	"	"	"		1,432 cde
"	"	"	12	"	"	"	"	700	927 de
"	"	"	14	"	"	"	"		589 de
"	"	"	16	"	"	"	"	410	847 de
"	"	"	20	"	"	"	"	670	930 de
"	"	"	24	"	"	"	"	1,000	
the whole season									
Weed competition for 4 weeks, hand weeding thereafter ^{2/}								1,000	131 e
"	"	"	8	"	"	"	"	1,700	1,016 cde
"	"	"	10	"	"	"	"		1,445 cde
"	"	"	12	"	"	"	"	1,580	1,871 bcd
"	"	"	14	"	"	"	"		2,584 bc
"	"	"	16	"	"	"	"	3,030	2,002 bcd
"	"	"	20	"	"	"	"	4,170	3,039 b
"	"	"	24	"	"	"	"		
the whole season								-	4,450 a

^{1/} Weed weights recorded at harvest.

^{2/} Weed weights recorded at the first hand weeding.

at harvest in comparison to where hand weeding was carried out to the 4th week after planting (5106kg/ha). The high weed weights where weeding was carried out only to the 8th week from planting correspond to lower yields than where hand weeding was continued until the 10th week from planting.

DISCUSSION

The critical periods of weed competition are influenced by the genetic makeup of the crop, the environment, the weeds present during the different stages of crop growth, and the crop management practices. The genetic makeup determines the crop growth cycle, the requirements for nutrients, light, CO₂ and space. The environment, the weeds and the crop management practices have a direct influence on these crop requirements.

At Corozal and Isabela, the same species of yam (*D. rotundata*) was used. At Guapiles, a species with a somewhat different growth cycle (*D. alata*) was studied. The rainfall at both sites in Puerto Rico was approximately half of that in Costa Rica. The soil at Costa Rica was much more fertile than those in Puerto Rico. Crop management practices at the three sites were similar in that they corresponded to high input agriculture. The crop was well fertilized, staked, and practices were carried out to prevent damage from diseases, insects and nematodes. However, the planting distance was similar at Corozal and Guapiles, but much greater at Isabela. In spite of these differences, some trends may be observed among the experiments.

At Corozal, results indicated that the critical period of weed competition was prior to the 17th week after planting. Results at Isabela showed the critical period was between the 8th and the 12th week after planting, while at Guapiles, the critical interval was found between the 4th and the 10th week from planting.

The data from Isabela supports and complements that observed at Corozal, and the Guapiles data has the same effect on that from Corozal and Isabela. The hand weeding interval at Corozal were very long (10, 17, 22, 28 and 37 weeks). At Isabela they were narrower (4, 8, 12, 16, 20 and 24 weeks), and at Guapiles still narrower (4, 8, 10, 12, 14, 16, 20 weeks and the whole season). Due to the long intervals at Corozal and to the age of the yam plant at the first hand weeding operation, it was not possible to determine whether weed competition had had an effect on yield prior to the 10th week from planting. Although it was determined that weed competition for more than 10 but less than 17 weeks had deleterious effect on yield, it could not be determined whether it was necessary to hand weed until the 11th, 12th, 14th week, or whether hand weeding operations had to be carried out until the 17th week in order to avoid yield losses.

The four week intervals between weeding at Isabela helped narrow down critical period found at Corozal. The Isabela sites showed that it ranged from the 8th until the 12th week from planting. Results indicated that it was not necessary to hand weed until the 17th week, for no differences in yield were found between hand weeding only until the 12th week from planting, and the treatment hand weeded throughout the season. No reductions in yield were found when weeds were allowed to compete during the first 8 weeks of crop growth, but yields were lowered if competition was allowed for a longer period at Isabela. Isabela data, once again, complements the Corozal data, where The damage due to weed competition for up to 10 weeks from planting could not be determined.

The data from Guapiles narrows even more the critical period found at Corozal and Isabela. No benefit was obtained from hand weeding for more than 10 weeks from planting. Therefore, it is not necessary to hand weed until the 12th week from planting as observed at Isabela.

At Guapiles, yields were reduced if competition was obtained for more than 4 weeks from planting. The data is in contrast to the one at Isabela where it was shown that weed competition could be allowed for up to 8 weeks from planting. The difference between the two experiments may probably be explained by a difference in the requirements of the species of yam studied. Weed weight at 8 weeks from planting were higher at Isabela than at Guapiles, so the differences in yield may not be explained by differences in weed pressure.

Definite conclusions on the critical periods of weed competition can not be made from only three experiments. However, general trends may be observed for the species used, under similar environmental conditions, crop management practices and similar weed species. It was observed that no benefits are obtained for more than 10 weeks after planting. In Puerto Rico, there was no need to weed yams (*D. rotundata*) during the first 8 weeks of growth, while in Costa Rica, weeding was not necessary during the first 4 weeks, but was necessary prior to the 8th week from planting.

By allowing weed competition during the first eight weeks from planting, soil erosion may be greatly reduced in the sloping hills of Puerto Rico, if the crop was weeded during the same period. It is during this period that the rainy season begins on the land, leaving the soil exposed to severe erosion damage.

Costs of weeding yams have been reported as 35 per cent, 27 per cent, 24.8 per cent and 14.8 per cent of all costs of production (LYONGA, 1980; GONZALEZ et al., 1980; FERGUSON-RANKINE, 1974; OYOLU, 1978). By controlling weeds only in the six week interval between the 4th and the

10th week from planting in Costa Rica, or in the 8 to 10 week interval in Puerto Rico, the costs of producing yam could be greatly reduced.

REFERENCES

- FAO. (1984). FAO Production Yearbook 1983. Rome 37:130.
- FERGUSON, T.U. and RANKINE, L.B. (1974). yam production in Jamaica . A review. Doc. Multigraph. Fac. Agric. UWI, Trinidad. pp. 1-94.
- GONZALEZ-VILLAFANE, E. ESPINET, G.R. and TROCHE-DUCOT, J.L. (1980). Analisis economico de la produccion de yam en Puerto Rico. Univ. P.R., Agr. Exp. Sta. Pub. 132.
- HORTON, D., LYNAM, J. and KNIPSCHEER, H. (1984). Root crops in developing countries: an economic appraisal. In: Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6th, Lima. Proceedings. International Potato Center. CIP. pp. 9-39.
- LYONGA S.N. (1980). The economics of yam cultivation in Cameroon. Proceedings of the First Triennial Root Crops Symposium of the ISTRC- Africa Branch. pp. 208-213.
- OYOLU C. (1982). Inherent constraints to high productivity and low production costs in yam (Dioscorea spp.) with special reference to Dioscorea rotundata Poir. Seminaire international sur l'Igname, IFS-ONARES, Buea, Cameroun. MIEGE J. et LYONGA S.N. edit. Yams. Ignames. Clarendon Press , Oxford, pp. 147-160.

FIELD DISEASES OF TROPICAL YAMS (*Dioscorea* spp.)
AND THEIR CONTROL IN PUERTO RICO

(Maladies des ignames tropicales (*Dioscorea* spp.) rencontrées au champ
et leur contrôle à Puerto-Rico)

Julia MIGNUCCI, R. TORRES-LOPEZ, P.R. HEPPELY and D. RAMOS-BUSIGO
Dept. of Crop Protection, Agricultural Expt. Sta.,
College of Agric. Sci., Univ. of Puerto Rico,
Mayaguez Campus
Mayaguez, P.R. 00708

SUMMARY

For the last 5 years, we have studied yam diseases and their control in Puerto Rico. Damaging diseases occurring on yams from planting to harvest include : seed-tuber rot (*Penicillium* spp., *Fusarium oxysporum* and *F. solani*), root rot (*F. oxysporum* and *Pythium* sp.), stem basal canker (*F. oxysporum*), vascular wilt (*F. oxysporum*), virus (shoe string and mosaic viruses), anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), leaf spots (*Curvularia eragrostidis*, *C. geniculata*, and *Cercospora* sp.), scorch (unknown etiology), rectangular leaf spot (*Aphelenchoides ritzemabosi*) and stem blight (*Botryodiplodia theobromae*). *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Curvularia* spp., *Pythium* sp., *C. gloeosporioides* were all found tuberborne inhabiting either the cortex or deeper internal tissues. For controlling these diseases we tested a range of practices and their integration. These include : chemical control, use of varietal resistance, and cultural practices. We will describe the symptomatology, etiology, epidemiology, and control of these yam diseases.

RESUME

Pendant les 5 dernières années, nous avons étudié les maladies de l'igname et leur contrôle à Puerto-Rico. Les maladies dommageables, de la plantation à la récolte comprennent : la pourriture des tubercules-semences (*Penicillium* spp., *Fusarium oxysporum* et *F. solani*), la pourriture racinaire (*F. oxysporum* et *Pythium* sp.), le chancre de la base des tiges (*F. oxysporum*), le flétrissement vasculaire (*F. oxysporum*), des viroses (virus des feuilles filiformes et de la mosaïque), l'anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), des taches foliaires (*Curvularia eragrostidis*, *C. geniculata* et *Cercospora* sp.), l'écorchure (étiologie inconnue), les taches foliaires rectangulaires (*Aphelenchoides* sp.) et la flétrissure des tiges (*Botryodiplodia theobromae*). Les *Penicillium*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Pythium* sp. et *C. gloeosporioides* sont tous rencon-

très dans le tubercule, soit au niveau du cortex, soit dans les tissus internes plus profonds. Afin de contrôler ces maladies, nous avons testé une gamme de pratiques ainsi que leur intégration. Celles-ci comprennent : la lutte chimique, l'utilisation de la résistance variétale et les pratiques culturales. Nous décrivons la symptomatologie, l'étiologie, l'épidémiologie et le contrôle de ces maladies de l'igname.

INTRODUCTION

In Puerto Rico and other countries yam field diseases have recently been recognized as important contributors to production losses (MIGNUCCI, et al., 1981a, 1981b, 1982, 1985).

RAMOS and MIGNUCCI, 1985). Traditionally, viral diseases of foliage have been considered most limiting to *Dioscorea rotundata* cultivars while anthracnose was viewed as the major constraint for *D. alata* commercial production (MIGNUCCI, et al. 1981b ; 1981c ; 1982, 1984, 1985). In Puerto Rico, we have encountered other field diseases of yams of which little information is available (MIGNUCCI et al., 1985). We have been interested in identifying these diseases, calculating the losses associated with them and determining their distribution in the island's yam production zone. Efforts were focused also toward describing disease symptoms, pathogen identification, host susceptibility and developing control methods via an integrated approach. Research results on these areas will be summarized here.

Yam diseases can be classified into two groups. The first group covers those diseases that affect the tubers and that occur from harvest or during storage and shortly after emergence (MIGNUCCI et al., 1983, 1984a, 1984b). The second group, i.e., those occurring from emergence to senescence of field plants, will be described here.

MATERIALS AND METHODS

Disease and Pest Survey : At the end of 1980 and throughout 1981 growing seasons, a disease and pest survey was conducted throughout the yam growing zone of Puerto Rico. The survey covered 48 farms of 10 municipalities. Each farm was visited 3-4 times during the 12-month growing cycle to assess diseases and pests at various stages of crop development and during yam storage. The survey included an interview with the farmers using a questionnaire to record agronomic practices and farmers views. Samples of plant parts were taken to the laboratory to isolate, identify, and culture organisms associated with damage and losses. Photographic records were taken of plants, agronomic practices, symptoms, etc.

Monitoring diseases and pests : A disease and pest nursery was yearly planted since 1980 to 1983 at the Alzamora fields in Mayaguez. The yam collections planted every year

at the Tropical Agriculture Research Station in addition to farmer's fields were visited regularly to determine the occurrence and development of yam diseases and pests. Samples of disease tissues were obtained, organisms associated with disease symptoms were identified, and described, field distribution and severity recorded, and photographic records were also obtained.

Chemical control of anthracnose : At Corozal Experiment Station, field experiments using *D. alata* varieties (Florido and Forastero) were established to screen fungicides (Benomyl, Captafol and Thiabendazole), determine the appropriate dosages (0.5 and 1.0 A.I./acre) and the frequency of foliar sprays (every 3 and 4 weeks) for control of yam anthracnose during 1980, 1981 and 1982 growing season. Disease ratings per plot were done on a monthly basis from June to September each year. A randomized complete block design with four replications for each treatment were used. Seed-pieces were placed on 8 cm deep and 20 cm apart within 50 cm high banks which were separated by 167 cm. Each experimental plot contained four banks of 5 m long each. Fungicides were applied with a 20 l Hardi Backpack at 30 psi. Disease ratings were done from June to September to estimate foliage necrosis caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. Yam tubers were harvested during late January to early February and yield components were determined.

Resistance to anthracnose : *D. alata* varieties (Florido, Forastero, Gemelos, Binugas, Kinampay, Moresby, Purmay, and Gunung) and *D. rotundata* varieties (Guinea Blanco and Guinea Negro) were planted using 4/plots/variety at Mayaguez and Corozal. Experimental design and plots size were as described in the previous section of this report.

RESULTS AND DISCUSSION

Virus symptoms were found on 35 per cent of *D. rotundata* farms. Shoe string virus on *D. alata* cultivars was identified for the first time in Puerto Rico. Anthracnose, caused by *Colletotrichum gloeosporioides* is the most important foliar disease on *D. alata* yams on the Island. Symptoms ranging from 20 per cent to total destruction were found in all plantings of *D. alata* cv. Florido visited. Other unknown diseases of yams were encountered. One is a foliar disease of *D. rotundata* presenting black to brown spots caused by *Curvularia* spp. This disease was found on 40 per cent of the farms ranging from 70 to 90 per cent severity. Another disease is recognized by tubers dissected by deep and sharp cracks. It was found on 18 per cent of the farms affecting 30 to 90 per cent of the tubers. Scorch, a disease of unknown etiology, previously reported in Nigeria, was found to occur on *D. alata* in Puerto Rico.

Foliar spots caused by *Curvularia geniculata*, *C. eragrostidis* and *C. sp.* were identified on *Dioscorea rotundata* and *D. alata* yams for the first time in Puerto Rico. Pathogenicity tests revealed these fungi as the causal organisms of leaf lesions. Of the three species, *C. eragrostidis* caused more lesions than *C. geniculata* or *C. sp.* on inoculated leaves. Rounds to oval spots with irregular margins (3 x 3 mm) were caused by *C. geniculata* and *C. eragrostidis* while *C. sp.* caused blotches (42 x 27 mm) usually at the leaf margin. *C. geniculata* spores were falcate with five cells measuring 18 x 8 μ (min.), 27 x 14 μ (max), and 25.3 x 11.1 μ (mean); *C. eragrostidis* were oval with four cells and measured 18 x 11 μ (min), 27 x 20 μ (max) and 26.1 x 15.4 μ (mean); *C. sp.* spores were oval to round with four cells measuring 20 x 9 μ (min.), 24 x 11 μ (max) and 21.9 x 9.8 μ (mean). Cultivars of *D. rotundata* (Guinea Blanco and Guinea Negro) and of *D. alata* (Florida, Binugas, Forastero and Purmay) were found susceptible while Gemelos, Gunung, Kinampay and Moresby were resistant to the disease. *Curvularia sp.* were found tuber borne, both on the cortex and internal tissues of tubers. Thiabendazole used as pre-storage and as pre-plant treatments do not affect *Curvularia spp.* recovery. More than half of the plants were attacked by *Curvularia spp.* and in some plots severity was up to 30 per cent on Guinea Blanco at 240 days after planting.

A basal canker of *D. rotundata* was observed for the first time during 1982. The causal fungus has been identified as *F. oxysporum* but seems to be a different race from the one that causes vascular wilt of yams. Pathogenicity tests resulted in the reproduction of symptoms on inoculated plants in the field but not in the shadehouse. Little information is available on root rot, basal canker and vascular wilt of yams. Recently, we determined that *Pythium sp.* and *Fusarium oxysporum* are the causal agents of yams root rot in Puerto Rico and that both fungi act synergistically. Guinea Blanco is susceptible, Florida is intermediate and Guinea Negro is the most resistant to root rot. Besides being a component of the root rot complex, *F. oxysporum* also causes vascular wilt and basal stem canker. The isolates causing these diseases can be differentiated by pigmentation (which is a stable characteristic) and other colony characteristics on potato-dextrose agar. The root rot isolate of *F. oxysporum* produces abundant, elevated, cottony mycelium and an intensive violet pigmentation. The vascular wilt isolate produces a compact colony with sparse aerial mycelium and a light pink pigmentation. In field inoculations, the damage caused by the three different isolates appears to be related to isolate source. The vascular isolate causes greatest damage in the stem vascular system, the root rot isolate in the roots, and the basal isolate in the vine base. This suggests that these isolated of *F. oxysporum* may be distinct strains which differ in colony vigor, pigmentation and tissue preference. The three isolates of *F. oxysporum* caused a 32-44 per cent reduction in yield of yams. *Pythium sp.* caused 46 per cent yield loss on "Habanero" yams.

A newly recognized foliage disease of yams caused by foliar nematodes was found on wild *D. alata* plants in Camuy, Puerto Rico (MIGNUCCI J.S., P.R. HEPPERLY and J. ROMAN, Unpublished, 1985). Pathogenicity tests revealed the isolated nematodes as the causal agent. *Aphelenchoides ritzemabosi* was identified as the causal nematode but the specimens have some similarities to *A. besseyi*. A report from the West Indies (KERMARREC and ANAIS, 1974) reports *A. besseyi* on *D. trifida* foliage but fails to indicate if it was associated with disease symptoms or it's pathogenicity. To our knowledge, our is the first demonstration of a foliar nematode pathogenic to yam foliage.

Chemical Control of anthracnose : This disease has reduced the production of Florido yams in Puerto Rico and has caused a shift to increased production of *D. rotundata* cultivars. Fungicide sprays reduced anthracnose severity by 98 per cent under the best treatments. It was estimated that 79 per cent total yield, 91 per cent marketable yield, 89 per cent marketable tubers, 58 per cent plants, 58 per cent yield/plant were lost to anthracnose on Florido check plots when compared to the best fungicide control during 1980-81. Benomyl foliar sprays at four week interval were found as effective as those applied every three weeks. Control by benomyl at rates of 0.5 and 1.0 lb. A.I./acre every three weeks were superior to any regime of chlorothalonil and captafol.

Resistance to anthracnose : Six varieties (Guinea Negro, Binugas, Guinea Blanco, Gunung, Kinampay and Purmay) were identified as resistant to anthracnose while Gemelos, Florido and Moresby are highly susceptible (Table 1). Forastero has shown variable reactions in different years and localities. Forastero plots sometimes give resistant reaction even when surrounded by heavily infected plants of susceptible cultivars. Based on their yield components and resistance to anthracnose, Binugas and Kinampay could replace Florido where the disease is prevalent.

Diagnosis and integrated control programs : We present here a condensed description of the encountered field diseases of yams and outline the components in the control program based on our observations and research results obtained up to date. We hope that this will help in diagnose, monitor, and control these diseases in other yam producing countries.

Root rot : Plants with root rot show a wilted and flacid foliage that usually turns yellow. The roots become soft with brown lesions and a deteriorated cortex that easily sloughs off. Some plants have no roots or a reduced root system. Root rot in yams is caused by *F. oxysporum* and *Pythium* sp. Both species are tuber borne. Similar root rots could be caused by nematodes (*Pratylenchus coffeae*). At times, both fungi and nematodes could be found together causing root rot of yams.

Table 1 : Field performance of yam varieties and their's anthracnose susceptibility during 1982-1983 growing season

Yam species	Variety	Tuber Description	Yield Components			Estimated anthracnose severity (%)				
			Tuber Weight (kg)	Mean No. Tubers/ Plant	Total Weight (kg/plot)	90 ^{1/}	114	140	173	205
D. alata	Gunung	very irregular large lobules	4.1	1.4	67.1	0	0	0	0	2.5
	Forastero	long, round no roots on tuber	2.3	1.2	33.0	0	0	0	0.1	0.6
	Purmay	irregular shape purple skin	1.5	1.4	25.0	0	0.5	2.5	1.3	3.8
	Binugas	round, well shaped	4.4	1.2	62.4	0	0	0	0.3	1.3
	Kinampay	semi-round to round	2.4	1.7	48.4	0	0	0.1	0	1.8
	Gemelos	rounded tubers in pairs	1.3	2.5	37.3	0	0.5	5.0	15.3	76.2
	Moresby	round to elongated	0.6	2.3	16.4	0	0.5	2.8	27.5	76.2
	Florido	ovaled and smooth	1.4	3.1	50.1	0	0	0.1	3.0	28.2
D. rotundata	Guinea Blanco	long, smooth tubers	1.8	1.8	33.4	0	0	0	0	0
	Guinea Negro ^{2/}	long, smooth	1.1	1.2	15.4	0	0	0	0	0

^{1/} Days after planting.

^{2/} Harvested after 7 months in the field, the other varieties at 11 months.

Stem canker : Brown lesions at the base or at other vine sections is the characteristic symptom. This result in early death of infected tissue and the portions above the cankers. Plants with stem canker show dead vines and others starting to yellow. The fungus that causes this disease of yams is a race of *Fusarium oxysporum* and could be responsible for up to 15 per cent of dead plants in the field.

Vascular wilt : The first visible symptoms is leaf wilt having vines dying from the tip to the base (die-back). The name of the disease refers to a symptom that occurs at the vascular system on the vines where a reddish coloration is found on the vascular bundles. To diagnose this disease it is necessary to examine the internal part of the vines since wilt symptoms could also be caused by other diseases or conditions (root, rot, stem canker or drought). A race of *F. oxysporum* causes this disease and it is tuberborne. We have outlined the following recommendations for the control of root rot, stem canker and vascular wilt of yams :

1. Select healthy, sound high quality seed-tubers produced by vigorous healthy plants. Use seed-tubers or seed-pieces from 4 to 8 ounces.

2. Plant in good soil with good drainage.

3. Utilize pre-emergence herbicide to control weeds. Weeds, beside competing for soil nutrients they also harbour pests and pathogens. Weeds could also promote environmental or microclimate conditions that favour the development of disease.

4. Use fungicides, nematicides or both before planting (ROMAN et al., 1984, MIGNUCCI et al., 1984a, 1984b). Treat seed-tuber or seed-pieces two days before planting to assure that cut surfaces heal.

5. Select resistant or tolerant varieties using the following table :

<u>Variety</u>	<u>Tuber Rot</u>		<u>Root Rot</u>	<u>Stem Canker</u>	<u>Vascular Wilt</u>
	<u>During Storage</u>	<u>In the Field</u>			
Guinea Blanco	HS	MS	HS	S	S
Guinea Negro	HS	MS	MS	MS	NI
Florido	R	R	S	R	R

Key: R= resistant; S= susceptible; MS= moderately susceptible
HS=highly susceptible; NI= no information is available

6. After harvest do not make mounds of yam residues near the plantation since they could serve as foci for pathogens and pests.

7. When cutting tubers into seed pieces, disinfect knives. Use a solution made of a few drops of liquid detergent and 10 per cent chlorine solution.

Virus diseases : Plants infected by virus have one or more of the following symptoms : change of foliage color and texture and reduction of the leaf lamina. Leaves may also show distortions and malformations. In the case of mosaic, leaves become mottled with dark green and chlorotic patches. Deformations include rolling, curling and elongation of the leaves. Yam plants infected by virus are usually smaller and produce fewer and smaller tubers than healthy plants. Yam viruses are tuberborne. Two or more viruses have been identified causing diseases on yams. Apparently most, if not all of the commercial varieties of yams are susceptible to one or more viruses. Virus infection can eliminate economic production in some fields and the use of infected seed-tubers perpetuates the disease. In Puerto Rico, we have observed mosaic symptoms on both Guinea Blanco (*D. rotundata*) as well as in Florido (*D. alata*). Yellowing and leaf deformations, causing "witches broom" has been observed mainly on Guinea Blanco. Very shiny and hard leaves that are narrower at the apex sometimes forming like a string has been observed in Florido. Because of its symptom the last disease has been named "shoe string virus".

To control virus diseases on yams we have delineated the following recommendations :

1. Select seed-tubers from vigorous healthy plants. Plants have to be tagged when still green to detect virus symptoms. When the plants are at senescence, it is impossible to distinguish healthy plants from infected ones. This practice is highly recommended since the virus can be propagated and perpetuated by planting virus infected tuber-pieces.

2. When harvesting tubers prematurely from living plants, remember to avoid plants showing virus symptoms.

3. In premature harvest, disinfect harvesting instrument between plants using the solution described earlier.

4. Keep the planting and surroundings free from weeds. They could harbor the virus or the insects that transmit them.

Anthracnose : In Puerto Rico, yam anthracnose is commonly called "candelilla" that means sudden burn. The vines and the newly formed leaves show a dieback, the tissues become necrotic and macerated and look burned. Some leaves could show irregular spots. This disease occurs at any time during emergence or before plant senescence. When the disease is

severe, defoliation occurs leaving only the naked burned vines. On Yam varieties which show some tolerance only the leaf veins on the underside show necrosis. This symptom is a diagnostic characteristic typical of anthracnose disease in many other crops and in yams is observed in all susceptible varieties. Yam anthracnose is caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. We have found that the fungus is tuberborne.

To reduce losses due to anthracnose the following measures need to be include in an integrated control program.

1. Plant resistant or tolerant varieties/species where the disease is prevalent. We have observed that Florido could produce tubers adequately if planted intermixed with Guinea Blanco since later is resistant to the disease. Binugas and Kinampay are good yielding varieties and their tuber characteristic are similar to Florido. In areas where Florido has being devastated by anthracnose these two varieties could replace them. The table below presents the information on variety susceptibility to anthracnose.

Variety	Reaction to anthracnose
Florido	HS
Forastero	MS
Binugas	R
Gunung	R
Kinampay	R
Purmay	R
Gemelos	HS
Moresby	HS
Guinea Blanco	R
Guinea Negro	R

key: R= resistant; S=susceptible;
 HS=highly susceptible;
 MS=moderately susceptible

2. Treat seed-tuber with pre-plant fungicides since *C. gloeosporioides* is tuber borne.

3. Montly foliar spray of fungicides singly or in mixtures or on an alternate schedule, should be applied when the first symptoms appear on susceptible varieties. Fungicide selection should be done on those that have resulted effective, following the manufactures recommendations and according to the regulations in each country. In P.R., difolatan, benomyl, thiabendazole and chlorothalonil have partially controlled the disease. Using a tolerant or resistant variety can be alternative to a spray program and/or to reduce the number of applications.

Curvularia leaf spot : The spots caused by *Curvularia* are mainly on the leaves but also appear on petioles and vines. Lesions are small, almost round, color is black to dark brown, sometimes with a yellow halo. Guinea Blanco, Guinea Negro and Florido are susceptible to *Curvularia*. These spots are caused by two species, *C. erasgrotidis* and *C. geniculata* that are tuberborne. To control *Curvularia* leaf spot, the following recommendations are to be integrated in a control program.

1. Use pre-plant fungicides on seed-tubers or seed-pieces.
2. Use foliar fungicides when the first spots appear in the field.
3. Select resistant yam varieties. The following table presents those varieties evaluated in P.R.

<u>Yam Variety</u>	<u>Reaction to Curvularia leaf spot</u>
Guinea Blanco	S
Guinea Negro	S
Florido	S
Binugas	S
Forastero	S
Purmay	S
Gemelos	R
Gunung	R
Kinampay	R
Moresby	R

key: S=susceptible; R=resistant

4. Practice sanitation measures in the field eliminating plant residues after harvest by incorporating in the ground, etc. since plant residues harbor the pathogens.

Cercospora leaf spot : The symptoms is a round to oval leaf spot with gray center surrounded by a yellow halo in some varieties. The spots are found on leaves, petioles and vines. Defoliation could also occur. A species of *Cercospora* have been found causing the spots. Sometimes both *Cercospora* and *Curvularia* leaf spots have been found in the same leaf. For the control of *Cercospora* leaf spot, follow the recommendations outlined for *Curvularia* leaf spot control.

Leaf Scorch : This condition is characterized by extensive blotches occurring between the main veins of the leaf. The blotches color varies from light brown to tan that sometimes has a silvery cast to it. The blotches seem to occur only on the epidermis tissue. The cause of Scorch is unknown. A similar condition has been described in Africa () and a

similar condition has been attributed to *Botryodiplodia theobromae* (Ministry Overseas Development, 1978). In Puerto Rico yam varieties have shown different degrees of reactions towards Scorch as tabulated below.

Variety	Scorch reaction
Guinea Blanco	R
Binugas	S
Florido	S
Forastero	HS
Gemelos	HS
Gunung	R
Kinampay	HS
Moresby	HS
Purmay	S
Smooth Statia	S

Key: R= resistant; S= susceptible;
HS= highly susceptible

Vine Blight : Dieback and drying of the vines is observed on this disease. The vines become bleached, light tan-to off white color. This disease have been observed during unusual high temperatures (88°-95°F), however such conditions are rare in the yam growing zone in Puerto Rico. The vine blight is caused by *Botryodiplodia theobromae* and have being observed on *D. rotundata* plants. We don't have information on control measures for this disease.

Rectangular leaf spot : This disease was first observed in Puerto Rico on wild *D. alata* plants. The angular shape of the brown lesions limited by the veins give the appearance of a chess board to the diseased leaves. The spots are caused by the foliar nematode *Aphelenchoides* sp. possibly *A. ritzemabosi* although it has some similarities to *A. besseyi*. To control rectangular leaf spot it is important to erradicate the diseased plants and eliminate the crop residues by burning.

REFERENCES

- KERMARREC A. and A. ANAIS, 1974.- Presence of *Aphelenchoides besseyi* in foliage and tubers of yam (*Dioscorea trifida*) in the French West Indies. *Nematropica* 4(1):2-3.
- MIGNUCCI J.S. and M. CORDERO-GARCIA, 1981a.- La semilla de name : plagas y enfermedades. Agric. Exp. Sta. and Agric. Extension Service, University of Puerto Rico. Bulletin. 13 p.

- MIGNUCCI J.S. and J. GREEN, 1981b.- Yam anthracnose : disease assessment, yield loss, and chemical control. *Phytopathology* 72:453 (Abstr.).
- MIGNUCCI J.S., J. GREEN and P.R. HEPPELRY, 1981c.- Yam anthracnose control. 1980. *Amer. Phytopath. Soc. Fungicide and Nematicide Test Results*, 37:90.
- MIGNUCCI J.S., H. VELEZ-MARTINEZ and P.R. HEPPELRY, 1981d.- Yam seed-piece treatments. 1981. *Amer. Phytopath. Soc. Fungicide and Nematicide Test Results*: 37:187.
- MIGNUCCI J.S., J. GREEN, M. CORDERO and P.R. HEPPELRY, 1982.- Disease losses of yam (*Dioscorea* spp.) in Puerto Rico. *Phytopathology* 72:894.
- MIGNUCCI J.S., C. DE KOK, M. SANTIAGO, J. GREEN, P.R. HEPPELRY, H. VELEZ and TORRES-LOPEZ, 1984a.- Yam (*Dioscorea* spp) management for control of tuber decay. In Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6th, Lima 1983 Proceedings, International Potato Center, CIP, pp 607-613.
- MIGNUCCI J.S., P.R. HEPPELRY, H. VELEZ and R. TORRES-LOPEZ, 1984b.- Yam Protection I : Seed piece treatment with fungicides. *J. Agric. Univ. of P.R.* 68:185-192.
- MIGNUCCI J.S., M. SANTIAGO and J. GREEN, 1983.- Integrated control of yam tuber decay in Puerto Rico. *Phytopathology* 73:801.
- MIGNUCCI J.S., M. CORDERO and H. CIBES-VIADE, 1985.- Enfermedades, Plagas y Deficiencias Nutricionales en las plantas de name (Diseases, Pests and Nutritional Deficiencies of Yam Plant), Mayaguez, P.R. 00708. Bulletin, in press. Available for free distribution on August 1985.
- Ministry of Overseas Development, 1978.- Pest Control in Tropical Root Crops, PANS Manual N°. 4. Centre of Overseas Pest Research, London U.K. 235 p.
- RAMOS-BUSIGO, DORA and J.S. MIGNUCCI, 1985.- Fusarium causes diseases of yam in Puerto Rico. *Fusarium Notes-An International Newsletter*. Ed. C.E. Windels, Univ. of Minnesota and FAO, United Nations, p. 4.
- ROMAN J., D. ORAMAS and J. GREEN, 1984.- Nematicide evaluation for the control of the nematodes of yam (*Dioscorea rotundata*). *Journal Univ. of Puerto Rico*. 68:157-160.

CINQ ANNEES DE LUTTE CONTRE L'ANTHRACNOSE DE L'IGNAME AUX ANTILLES FRANCAISES

*Five years of experimentation for chemical control of yam Anthracnose
in French West Indies*

L. PALCY*
J. GROLLEAU-MORLET*
B. JOSEPH-THEODORE**

* Service de la Protection des Végétaux - Circonscription phytosanitaire
"Antilles-Guyane" - Jardin Desclieux - BP 241 - 97262 FORT DE FRANCE

** Protection des Végétaux - Jardin d'Essais
BP 458 - 97159 POINTE A PITRE

1 - INTRODUCTION

De nombreuses espèces et clones d'ignames ont été introduites dans les départements de la Guadeloupe et de la Martinique. Parmi ces introductions, des clones appelés couramment PACALA, du groupe *Dioscorea alata*, se sont révélés sensibles à une maladie fongique, l'Anthracnose due à *Colletotrichum gloeosporioides* Penzig qui a entraîné la destruction quasi totale de plantations réalisées en culture pure.

Présentant certaines qualités, il était cependant utile de tenter de les préserver des attaques d'Anthracnose. C'est pourquoi le Service de la Protection des Végétaux a entrepris de mettre au point une méthode de lutte contre ce parasite. Cependant, les techniques mise en oeuvre diffèrent dans ces deux départements.

2 - CONDITIONS DE L'EXPERIMENTATION

2.1 - Conduite de la culture. Ces ignames sont souvent cultivées sans tuteur, mais, pour des commodités d'observation, nous avons été amenés à conduire les plantes sur des tuteurs et à éviter les mélanges en contrariant manuellement les tiges.

2.2 - Dispositif expérimental. Les plants ont été placés sur des parcelles disposées soit en carré latin, soit en blocs de Fischer.

2.3 - Méthode d'observation

2.3.1. - En Guadeloupe : Une étude préalable nous a permis de retenir le rythme d'une application tous les 15 jours, à partir de la première apparition des symptômes de la maladie (voir notation ci-après).

2.3.2 - En Martinique : Les applications de fongicides sont réalisées après la saisie des observations faites sur les plantes selon une méthode de notation mise au point par l'INRA et modifiée par le Service de la protection des Végétaux. A savoir : les observations sont quotidiennes mais la notation est effectuée à J-1, c'est-à-dire un jour avant chaque traitement et au moins une fois par mois.

Les notes sont attribuées par plante en donnant le pourcentage de chaque stade de développement de l'Anthracnose:

Sur feuille : 0: Feuille saine

1: Feuille d'aspect sain mais présentant quelques petits points à peine visibles

2: Feuille présentant quelques petites taches nécrotiques ($\varnothing$ 2 - 3 mm)

3: Feuille présentant de nombreuses taches bien délimitées ($\varnothing$ 10 mm) mais par ailleurs encore verte

4: Feuille jaunie présentant de larges zones nécrotiques et criblures

5: Feuille dont plus de la moitié est nécrosée et présentant de nombreuses déchirures.

N.B. : La notation sur feuille est augmentée si le pétiole est attaqué :

- +1 : pétiole présentant des taches nécrotiques
- +2 : pétiole noirci

La méthode par tiers en partant du sol et sur le tuteur a été retenue à partir de 1982 :

- Tiers inférieur
- Médian
- Supérieur

L'exemple suivant simplifié à l'extrême, nous permettra de mieux apprécier l'exploitation des données recueillies après observations.

Considérons d'abord le tiers inférieur du feuillage et des tiges de la plante et supposons qu'il y ait 10 feuilles et que :

2 feuilles soit 20 % obtiennent la note 0
 1 feuille soit 10 % obtienne la note 1
 3 feuilles soit 30 % obtiennent la note 2
 2 feuilles soit 20 % obtiennent la note 3
 1 feuille soit 10 % obtienne la note 4
 1 feuille soit 10 % obtienne la note 5

Nous complétons le tableau suivant exprimé en pourcentage

NOTES	POURCENTAGE	COEFFICIENT	TOTAL
0	20	X 0	0
1	10	X 1	10
2	30	X 2	60
3	20	X 3	60
4	10	X 4	40
5	10	X 5	50
	100		220

Soit : note moyenne : 2,2

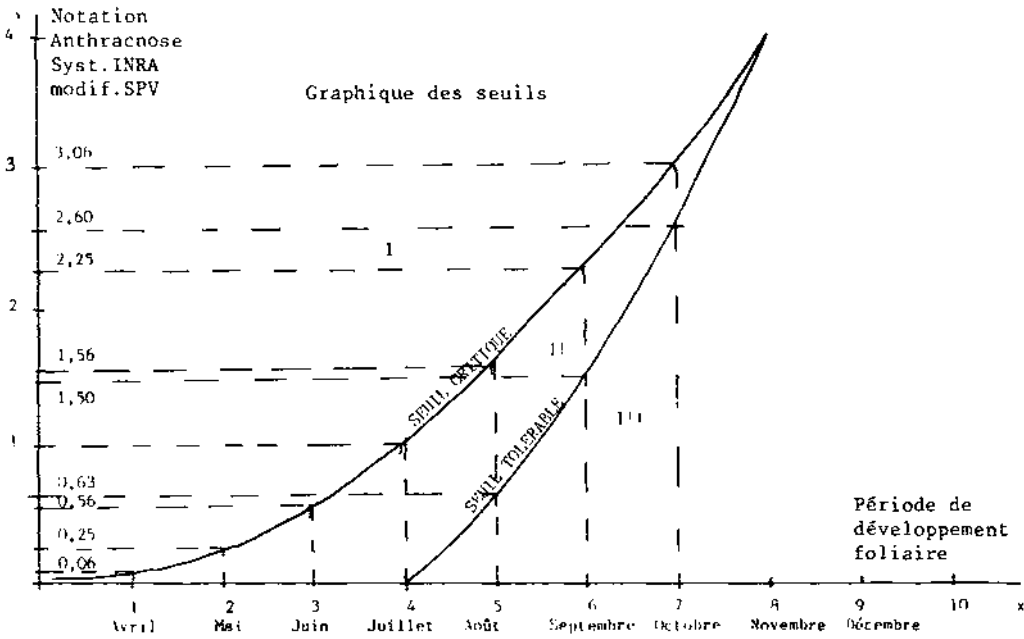
Nous en ferons de même pour les deux autres tiers, ce qui nous donnera la note anthracnose du plant considéré.

D'après les observations notations, on se rend compte que la décision de traiter pourrait s'inspirer du graphique suivant (fig. 1) dans lequel 3 zones sont distinguées :

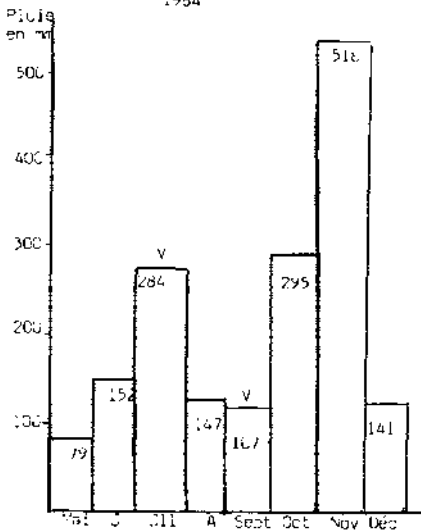
- I traitement à effectuer
- II décision à raisonner
- III pas de traitement (sauf cas d'attaque sur jeunes pousses repérée à plus d'un mois de la fin de la période de croissance des parties aériennes).

2.4 - Données climatiques

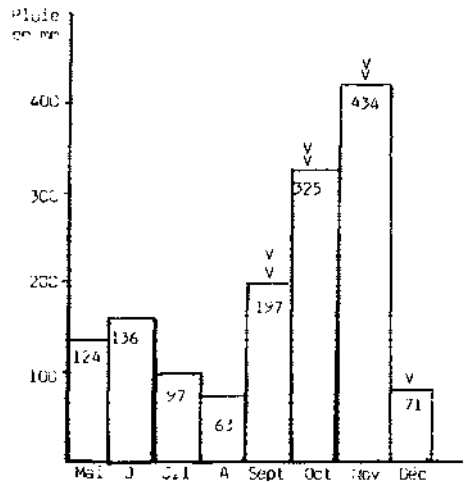
(figure 2)



EN MARTINIQUE :
(V = 1 traitement fongicide)
1984



EN GUADELOUPE :
(V = 1 traitement fongicide)
1984



Lutte contre l'anthraxnose de l'igname
Pluviométrie-Traitements fongicides

3 - SPECIALITES UTILISEES

Guadeloupe et Martinique	MATIERES ACTIVES	DOSE/HL	SPECIALITES COMMERCIALES	DOSE/HL
	Benomyl (S) Métalaxyl + Folpel (S) (C)	50g 30g+60g	Benlate Acylon F	100 g 150 g
Guadeloupe	Propiconazole (S) Nuarimol (S) Imazalil (S) Captafol (C) Chlorothalonil (C) Benomyl (S) + Manè- be (C) Cuivre + Manèbe + Zinèbe (C) (C) (C)	50 g 4 g 50 g 160 g 200 g	Tilt Rubigan Fungaflor Orthodifolatan Daconil Cerebel Cuprosan	400 cm ³ 100 cm ³ 250 cm ³ 350 cm ³ 200 g 400 g 400 g
Martinique	Carbendazime + Captafol (S) (C) Thiophonate méthyl (S) + Manèbe (C) Triadiméfon (S)	30g+120g 80g+160g 20 g	Cérétal Peltar Bayleton	300 cm ³ 320 g 80 g
S : systémique C : contact				

Les semenceaux sont au préalable trempés pendant 5 minutes dans le fongicide correspondant additionné d'un insecticide.

Les pulvérisations sont réalisées avec un pulvérisateur à dos à pression entretenue (1000 litres/hectare environ).

Le produit de référence est le Benomyl. En effet, Pacala est totalement détruite si aucun fongicide ne la protège, le témoin ne pouvait pas ne pas être traité.

4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

Il a été observé des symptômes de phytotoxicité sur les plants traités au Propiconazole : crispation des feuilles, torsion des tiges, symptômes qui disparaissent au bout d'une quinzaine de jours.

Le Benomyl a en revanche un effet favorable sur la végétation (augmentation de la dimension des feuilles, accentuation du vert).

L'association cuivre + manèbe + zinèbe a une action dépressive sur la végétation.

Les analyses de variance n'ont pas révélé de différence significative entre traitements et entre blocs.

Le système de notation biologique préconisé par l'INRA et le SPV astreint à des observations très fréquentes (quasi journalières) si on l'utilise comme moyen d'avertissement (gestion de la maladie); par ailleurs elle n'est applicable que dans la conduite sur tuteur (les conditions de la culture à même le sol modifient les données du problème).

Cette méthode nécessite vraisemblablement une adaptation pour être utilisée en culture non tuteurée.

Toutefois, l'adoption de cette technique d'avertissement doit permettre de limiter à 3 ou 4 les interventions phytosanitaires contre l'Anthracnose de l'Igname par cycle cultural dans les mêmes conditions de l'expérimentation.

D'autre part, la technique fondée sur le rythme d'une application tous les 15 jours dès l'apparition des premiers symptômes, a l'inconvénient majeur d'entraîner l'exécution de près d'une dizaine de pulvérisations avec tous les aléas que cela entraîne (accoutumance, sujétions, coût...). Cependant, son avantage pratique est de ne pas nécessiter un suivi constant de l'évolution de la maladie.

5 - RECOMMANDATIONS A L'AGRICULTEUR

Les conseils suivants peuvent être donnés aux agriculteurs :

- Respecter les règles agronomiques et exigence de la plante (rotation, fumure, désherbage, etc...)

- Tremper les semenceaux dans une bouillie insecticide-fongicide durant 3 à 5 minutes avant plantation

- Observer attentivement l'évolution de la maladie et intervenir dès que des tâches d'Anthracnose sont repérées en particulier sur les jeunes pousses ;

- Eviter de pénétrer même pour traiter dans une parcelle mouillée.

6 - CONCLUSION

Certaines ignames de l'espèce *D. alata*, , notamment les clones Pacala, appréciés des consommateurs pour leurs qualités culinaires et des agriculteurs pour leur productivité, sont très sensibles à l'Anthracnose qui détruit la partie aérienne de la plante.

La mise au point d'une stratégie fondée sur deux techniques de lutte, permet de donner aux agriculteurs certaines directives pour lutter contre ce parasite et éventuellement reprendre dans nos jardins la culture de cette igname.

RESUME

Les ignames Pacala, appréciées des agriculteurs pour leurs rendements élevés et des consommateurs pour leurs qualités culinaires sont sensibles à l'anthracnose de l'igname. Le Service de la Protection des Végétaux a, depuis cinq ans, réalisé des essais de lutte chimique contre cette maladie dans les départements de Guadeloupe et de Martinique. Les fongicides ont été utilisés en Guadeloupe selon les rythmes : 15-21 ou 30 jours. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des applications tous les 15 jours en Basse-Terre, tous les 21 jours en Grande-Terre. La technique des applications en Martinique est fondée sur une notation mise au point par l'INRA modifiée SPV. Dans les deux cas, les essais sont conduits suivant le dispositif des blocs avec répétitions et les tiges conduites et guidées sur tuteurs. Les matières actives testées sont : a) en Martinique : Bénomyl, Triadimefon, Carbendazine + Captafol, Thiophanate-Méthyl + Manèbe, Métalaxyl + Folpel. b) En Guadeloupe : Bénomyl, Métalaxyl + Folpel, Nuarimol, Imazalil, Bénomyl + Manèbe, Ethyphosphite d'aluminium, Chlorothalonil. Les différences entre les fongicides utilisés ne sont pas significatives ; la méthode des observations (Avertissements Agricoles) doit permettre de limiter à 3 ou 4 les traitements par cycle cultural. Les conseils suivants peuvent être recommandés aux agriculteurs : - Trempage des plants dans une solution fongicide-insecticide ; - Observation attentive avec traitement immédiat quand les taches d'anthracnose sont repérées en particulier sur jeunes pousses - Eviter de pénétrer dans une parcelle mouillée ; - Eviter les traitements préventifs stricto-sensu.

SUMMARY

"Pacala" yams (*D. alata*) are highly appreciated by grower for their yield potential, and by consumers for their cooking qualities. The plant protection Service has during 5 years realised chemical controls trials in Guadeloupe and Martinique. In Guadeloupe, fungicides have been applied at various intervals : every 15th, 21st, or 35th day. Best results were obtained with spraying every 15th days in Basse-Terre, every 21 th day in Grande-Terre. In Martinique, the spraying program is organised following a notation system establish by INRA and modified by the Pl. net following service. In both instances the trials are realised a randomised blocks systems, with plants grown on stakes. Active ingredients tested are :

- Martinique : Benomyl, Triadimefon, Carbendazine + Captafol, Thiophanate-methyl + Maneb, Metaxyl + Folpel.

-in Guadeloupe : Benomyl, Metaxyl + Folpel, Nuarimol, Imazabil, Benomyl + Maneb, aluminium ethylophosphite, chlorothalonil. The differences between fungicides are not significative, the plant disease warning method, based on observation of disease development must allow a limitation of the spraying applications to 3 or 4 for a crop. The following advices may be given to growers : dipping yam seed-pieces in a fungicide-insecticide solution. Careful examination of the plants and immediate spraying when the first anthracnose spots are seen, especially on young shoots - do not walk across wet plants - do not make useless preventive sprays.

SENSIBILITE COMPAREE DE 18 VARIETES D'IGNAMES AUX INSECTES DES STOCKS

(Compared susceptibility of 12 yam varieties to storage insects)

B. SAUPHANOR

IDESSA CENTRE VIVRIERS/IRAT CIRAD
B.P. 635 BOUAKHÉ
CÔTE D'IVOIRE

RESUME

Une expérimentation est conduite sur 18 variétés d'ignames appartenant aux espèces *D. alata*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum* et *D. esculenta* afin de comparer les taux d'infestation et les pertes occasionnées par les insectes des stocks. Les observations portent essentiellement sur les 2 principaux ravageurs de Côte d'Ivoire, *Euzopherodes vapidella* Man (Pyralidae), et Tineidae n. sp. La première espèce parasite les *D. alata* en début de stockage et se voit remplacer par la seconde en même temps que les tubercules se déshydratent. La Tineidae parasite également les *D. cayenensis*, chez lesquelles les pertes occasionnées sont faibles. A l'intérieur de leur groupe, les variétés Gemelos (*D. alata* groupe N'za) et secondairement Koffiteya (*D. alata* groupe Bete Bete), Gnan et Foucou, présentent à la fois une dormance longue, une déshydratation modérée et un faible taux d'infestation par les 2 espèces de Lépidoptères, entraînant une bonne aptitude à la conservation.

SUMMARY

Four varieties of *Dioscorea cayenensis* and eighteen of *D. alata*, among which four of the N'za group and four of the Bete group, are compared for infestation and losses from insects of storage. The two main pests in Ivory Coast are concerned: *Euzopherodes vapidella* Man (Pyralidae) and Tineidae sp. The former parasites *D. alata* at the beginning of the storage and the latter will take the place as the tubers lose water. The Tineidae also parasites *D. cayenensis* with low losses. Inside their group, the Gnan and Foucou varieties (*D. cayenensis*) as well as Gemelos (N'za) and Koffiteya (Bete Bete) present a low injured tubers frequency at harvest, a long dormancy and a moderate dehydration, associated with a low infestation rate by the two moth species and a good conservation fitness.

INTRODUCTION

La production d'ignames de Côte d'Ivoire est consommée sans transformation préalable et sa conservation peut dépasser 8 mois pour certaines variétés dans la région centre. Une faune abondante d'insectes (plus de trente espèces recensées actuellement), dont les dégâts n'ont été mis en évidence que récemment en Côte d'Ivoire, se développe sur les stocks d'ignames et constitue une entrave à l'intensification de la culture.

Les pertes dues aux insectes, aggravées dans certaines cas de maladies fongiques ou bactériennes, atteignent fréquemment 50 pour cent sur les ignames traditionnels après quelques mois de conservation.

Une expérimentation ayant pour but d'identifier les principaux facteurs de perte et de mettre au point une méthode de protection chimique contre les insectes, a permis de constater une différence de sensibilité entre deux des variétés les plus cultivées en Côte d'Ivoire, l'une appartenant à l'espèce *Dioscorea cayenensis*, l'autre à l'espèce *Dioscorea alata*.

L'introduction de nouvelles variétés constituant l'un des principaux volets du programme de recherche sur l'igname en Côte d'Ivoire, il est apparu nécessaire de tester l'aptitude à la conservation, et notamment la résistance aux insectes, des variétés appelées à être diffusées ainsi que des variétés les plus cultivées actuellement.

La présente étude concerne essentiellement la résistance variétale aux deux insectes les plus dommageables à la conservation de l'igname, la Pyrale *Euzopherodes vapidella* Mann, et une Tineide appartenant à un genre nouveau.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Les variétés testées appartiennent aux insectes *Dioscorea esculenta* (1 variété), *D. dumetorum* (1 variété), *D. cayenensis* (4 variétés), et *D. alata* (12 variétés dont 6 du groupe N'za et 6 du groupe Bete Bete).

Les tubercules, choisis de calibre homogène et exempts de cochenilles, sont prélevés sur les récoltes des essais de la Station IDESSA Bouaké, à l'exception de la variété Kpassadjo (en 1984 et 1985) et de la variété Krengle (en 1985) pour lesquelles les tubercules sont achetés sur le marché (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des tubercules des essais variétaux

		Date de récolte		Date de pesée et de traitement		Calibre des tubercules (g)	
		1983/84	1985	1983/84	1985	1983/84	1985
D. cayennensis	KRENGLE	30-12-83		2-1-84	16-1	960	1120
	GNAN	30-12-83	18-1	2-1-84	22-1	950	940
	FAUCOU	29-12-83	18-1	2-1-84	22-1	1 140	720
	KPASSADJO	-	-	30-12-83	16-1	800	1 030
D. alata gpe N'ZA	GOROTO	23-12-83		24-12-83		1 200	
	BAKPORE	22-12-83		24-12-83		870	
	GEMELOS	19-12-83	11-1	21-12-83	15-1	1 690	1 280
	YELLOW LISBON	24-12-83	11-1	26-12-83	15-1	1 500	1 160
	BRAZO FUERTE		11-1		15-1		1 260
	FLORIDO		11-1		16-1		1 290
D. alata gpe Bete- Bete	TICRAMBO	21-12-83	22-1	24-12-83	23-1	2 450	1 330
	KOFFITEYA	23-12-83	11-1	24-12-83	16-1	1 530	1 150
	LADOUNOUNOU	22-12-83	11-1	24-12-83	16-1	2 100	1 390
	OUAN SEQUELA	19-12-83	11-1	24-12-83	16-1	2 220	980
	SUIDIE		11-1		16-1		1 100
	SOGLAN		11-1		16-1		1 000
D. esculenta			25-1		25-1		280
D. dumetorum			9-1		15-1		830

Dispositif expérimental

- L'essai porte sur 50 tubercules par variété. Dix d'entre eux reçoivent un traitement insecticide par trempage pendant 10 minutes dans une solution contenant 10 g de deltaméthrine et 25 g de pyrimiphosmethyl pour 100 litres d'eau. Ils sont placés après pesée dans des cribs grillagés.

- Parallèlement, des tubercules blessés de chaque variété sont conservés séparément pour effectuer des prélèvements et suivre le parasitisme.

Observations

Elles portent sur l'évolution du poids, de la teneur en eau, et du parasitisme des tubercules et se font mensuellement, la première observation précédant la mise en silo.

- La mesure de l'humidité se fait par pesée et passage à l'étuve à 110°C, pendant 48 h, de 10 tubercules par échantillon.

L'estimation des pertes de poids se fait par pesée des tubercules entiers au terme des 1er, 2ème, 3ème et 5ème mois, et par pesée après ablation des parties rendues non consommables par les parasites au terme des 4ème et 6ème mois de conservation.

- L'évolution du parasitisme est évaluée par comptage des galeries alimentaires des larves d'insectes, se signalant par des amas excrémentiels à la surface des tubercules, et par notation des populations de cochenilles (échelle de 0 à 3)

L'identification des parasites se fait par prélèvement des tubercules blessés de chaque variété conservés parallèlement à l'essai. Les fragments de tubercules infestés sont placés dans des boîtes plastiques munies d'un couvercle grillagé. Les insectes adultes sont collectés chaque semaine et les échantillons renouvelés tous les mois. Aux 4ème et 6ème mois de conservation, les fragments utilisés proviennent des tubercules de l'essai découpés pour la pesée.

RESULTATS

Aspect parasitaire

Intensité de l'infestation

Des galeries de Lépidoptères sont observées dès le premier mois de stockage. Leur comptage n'est possible

que pendant les 3 premiers mois, car elles ne sont ensuite plus suffisamment différenciées sur les tubercules très infestés.

L'infestation est plus forte en 1985 qu'en 1984, en raison de la mise en place de l'essai retardée d'un mois, et de la présence d'un stock de tubercules blessés et non traités disposé à proximité.

Les résultats des deux années d'expérimentation (Tableau 2 et 3) sont comparables :

- Faible infestation des *D. cayenensis* : respectivement 3 et 10 pour cent d'infestation au premier mois de conservation en 1984 et 1985.

- Infestation plus importante sur *D. alata* du groupe N'za : 24 et 62 pour cent de tubercules attaqués au 1er mois de 1984 et 1985.

- Attaque la plus forte sur les *D. alata* du groupe Bete Bete : 51 et 86 pour cent d'infestation en 1984 et 1985 après 1 mois.

- Les tubercules de *D. dumetorum*, en expérimentation en 1985, sont restés pratiquement exempts d'attaques.

Dans chacun des groupes, des différences sont notées entre les variétés. Parmi les N'za, les variétés Yellow Lisbon et Brazo fuerte s'avèrent particulièrement sensibles, la variété Gemelos, de même que Florido en début de conservation, étant peu infestées.

Les différences sont moins marquées parmi les Bete Bete. La variété Ouan seguela reste très attaquée les deux années. Koffiteya, peu attaquée en 1984, ne se différencie pas des autres variétés en 1985.

Les populations de cochenilles sont faibles sur les deux années d'expérimentation, malgré la présence de tubercules infestés placés au contact de chaque variété.

Nature du parasitisme

Parmi les Lépidoptères, les deux parasites les plus fréquents sont *E. vapidella* et la teigne de l'igname.

- On observe d'abord que la Pyrale *E. vapidella* est très peu fréquente sur l'espèce *D. cayenensis*. A l'issue du 4ème prélèvement, elle ne représente que 3,7 pour cent des Lépidoptères collectés sur *D. cayenensis*, contre 58 pour cent sur les N'za et 64 pour cent sur le Bete Bete. La quasi totalité des parasites primaires collectés sur *D. cayenensis* sont des teignes de l'igname.



Tableau 2 : Evolution de l'infestation par les Lépidoptères en 1984

	1 mois de conservation (20/1)		2 mois		3 mois		4 mois	5 mois	6 mois	7 mois
	galeries par tub.	% tub. infestés	galeries par tub.	% tub. infestés	galeries par tub.	% tub. infestés	% tub. infestés	% tubercu- les infestés	% tubercu- les infestés	% tubercu- les infestés
KRENGLE	0	0	0,08	4	0,12	8	16	22	38	54
GNAN	0	0	0	0	0,04	4	4	11	28	32
FOUCOU	0	0	0,08	8	0,16	12	12	11	19	28
KPASSADJO	0,12	12	0,28	12	0,44	24	36	-	-	-
<i>D. cayenensis</i>		3		6		12	17	15	28	38
GOROTO	0,08	4	0,44	24	0,96	44	44	64	88	100
EAKPORE	0,04	4	0,16	12	0,48	32	32	18	32	45
GEMELOS	0,2	12	0,28	16	0,32	20	32	25	42	52
YELLOW LISBON	2,9	76	4,8	92	4,2	92	92	77	92	100
N'ZA		24		36		47	50	46	64	73
TICRAMBO	3,1	9,2	4,6	96	4	96	96	92	92	100
KOFFITEYA	0,16	12	0,2	12	1	44	44	58	67	58
LADOUOUNOU	1,2	52	1,7	68	1,8	72	72	92	92	92
OUAN SEQUELA	1,5	48	1,9	68	4,1	84	100	100	100	100
BETE BETE		51		61		74	78	86	88	88

Tableau 3 : Evolution de l'infestation par les Lépidoptères en 1985

	1 mois de conservation (15/2)		2 mois		3 mois	4 mois
	galeries par tubercules	% tub. infestés	galeries par tubercules	% tub. infestés	% tubercules infestés	% tubercules infestés
KRENGLE	0,06	5,7	0,31	22,9	28,6	8,7
GNAN	0,43	17,5	1,2	32,5	30	22,2
FOUCOU	0,03	2,9	0,06	5,7	2,9	0
KPASSADJO	0,17	16,7	0,17	16,7	31,3	9
D. cayenensis	0,17	10,7	0,44	19,5	23,2	10
GEMELOS	0,65	30	0,6	27,5	32,5	11,5
YELLOW LISBON	4,9	92,5	3,7	95	95	81,3
BRAZO FUERTE	4,5	97,5	3,7	97,5	95	88,2
FLORIDO	0,55	27,5	0,9	50	70	36,8
D. alata	2,65	61,9	2,2	67,5	73,1	54,5
TICRAMEO	3,6	94,4	3,5	94,3	97,1	78,6
KOFFITEYA	3	82,5	3,2	90	95	75
LADOUOUNOU	4	87,5	3,7	90	90	75
OUAN SEGUELA	3,7	92,5	4,7	95	100	100
SUIDIE	1,6	72,5	2,6	90	92,5	93,8
SOGLAN	4	85	3,3	85	87,5	84,6
BETE BETE	3,3	85,7	3,5	90,7	93,7	84,5
D. esculenta	0	0	0,04	4,3	4,3	9,1
D. dumetorum	0,06	2,9	0,03	2,9	2,9	8

- Durant les deux premiers mois de stockage, aucune attaque de Tineide n'est observée sur les *D. alata*. Les Lépidoptères présents sont en quasi totalité des larves de *E. vapidella*. Quelques exemplaires de *Dasytes incrustata* Meyrick, *Blastobasis* sp, *Mussidia nigrivirella* Rag et *Pyroderces hemizopha* Meyrick sont collectés, n'excédant pas 5 pour cent du total des Lépidoptères.

La proportion de la Teigne de l'igname s'accroît en cours de conservation, au fur et à mesure que les tubercules se déshydratent.

- A un même stade de conservation des ignames, le pourcentage de *E. vapidella* et de la Tineide apparaît lié à la teneur en eau des variétés (Figure 1).

La corrélation entre la teneur en eau et pourcentage de Tineides est significative

en 1984 ($r = -0,7381$ pour $n = 13$, $y = -0,1163 x + 78,6$)

et en 1985 ($r = -0,7145$ pour $n=13$, $y = -0,1354 x + 75,4$)

- Le Coleoptère Anthribidae *Araecerus fasciculatus* Deg, dont la présence se signale par des perforations rondes de 1,5 mm de diamètre à la surface des tubercules, ne semble pas avoir de préférence variétale, et pénètre presque exclusivement au niveau des blessures.

Importance des pertes

Pertes métaboliques

- Le premier facteur de perte de poids des tubercules est l'activité métabolique, s'accompagnant d'une déshydratation. Cette activité ainsi que les pertes s'intensifient après la levée de dormance, qui est plus ou moins précoce suivant les variétés (Tableau 4).

- Les variétés les plus aptes à une longue conservation sont les *D. alata* du groupe Bete Bete. Leur déshydratation est lente, et la levée de dormance tardive. Les pertes métaboliques s'établissent aux alentours de 10 pour cent après 4 mois de conservation, et 20 pour cent après 6 mois de conservation. A cette date, la teneur en eau des tubercules dépasse encore 65 pour cent, ce qui autorise le pilage pour la préparation du foutou.

Les *D. alata* du groupe N'za se caractérisent par une teneur en eau élevée à la récolte, proche de celle des Bete Bete, et par une déshydratation rapide. Les *D. cayenensis* ont également une déshydratation rapide, mais leur teneur en eau à la récolte est inférieure à celle des *D. alata*, particulièrement pour la variété Krengle.

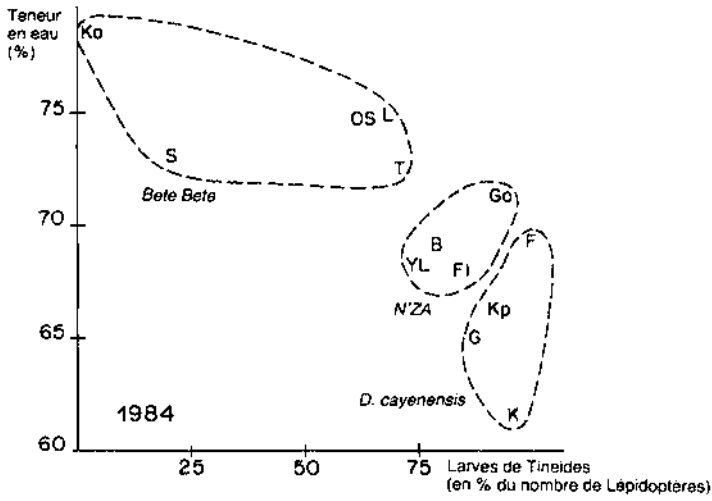
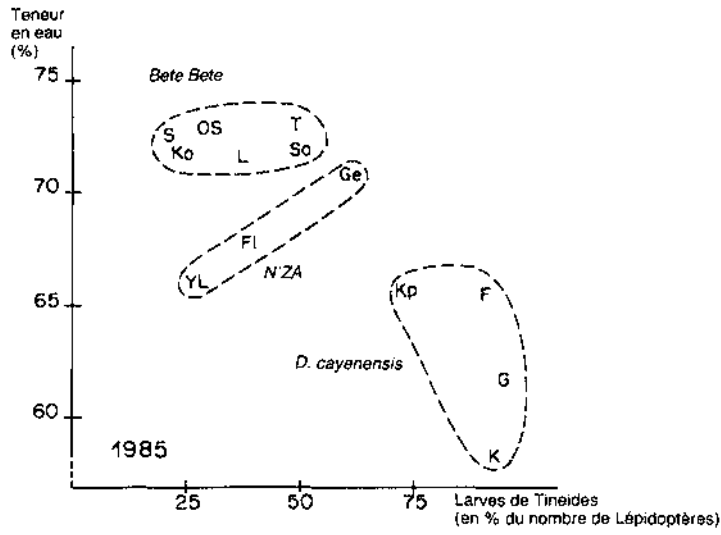


Figure 1

Tableau 4 : Evolution de la teneur en eau et de la germination en cours de conservation

	Teneur en eau			Taux de Germination		
	Récolte	4 mois A.R		6 mois AR	3 mois A.R (%)	
	1985	1984	1985	1984	1984	1985
KRENGLE	66,3	61,3	58,1	58,2	60	11
GNAN	65,8	65,1	61,5	62,4	28	16
FOUCOU	69,7	69,4	65,5	65,3	24	9
KPASSADJO	74,4	66,2	65,7	-	76	92
D. cayenensis	69,1	65,5	62,7	62	47	32
GOROTO	72,6	71,4		66,1	44	
BAKPORE	70,9	69,1		66,1	82	
GEMELOS	75,3	77,5	71,1	73,3	36	80
YELLOW LISBON	73,6	68,3	66	62,9	100	84
BRAZO FUERTE	74,3		63,6			78
FLORIDO	72,9	67,8	67,6	62	44	38
N'ZA	73,3	70,8	67,1	66,1	61,2	70
TICRAMBO	76	72,5	73,1	72,3	26	11
KOFFITEYA	76,4	78,8	71,8	74,1	8	2
LADOU MOUNOU	74,9	74,9	71,5	72,5	32	10
OUAN SEGUELA	74,8	74,8	72,8	74,7	4	6
SUIDIE	75,3	73,1	72,6	71,2	6	2
SOGLAN	77,7		71,9			0
BETE BETE	75,9	74,8	72,3	73	15,2	5,2
D. esculenta	78,8		71,4			35
D. dumetorum	73,3		70			100

Pertes dues aux insectes

Les dégâts, bien qu'aggravés par les parasites secondaires, sont dus essentiellement aux larves de Lépidoptères. Pour une même variété, lorsque l'infestation est relativement forte, on observe une corrélation positive entre le nombre de galeries et les pertes de poids (Figure 2). D'une variété à l'autre, les pertes varient pour un même taux d'attaque. La pente de la regression des pertes de poids au nombre d'attaques externes est de 27 pour la variété Florido, contre 10 environ pour les autres *D. alata*. Les pertes dépendent donc à la fois du nombre d'attaques et de la profondeur de pénétration des larves, ce qui explique les fortes pertes enregistrées sur Florido malgré un nombre réduit de symptômes d'attaque. La pente moyenne des regressions pour les *D. cayenensis* est supérieure à celle des *D. alata* (Florido exceptée). Les pénétrations sont peu nombreuses sur ces variétés et on peut supposer que les larves profitent des galeries de sortie des générations précédentes, ce qui tend à sous évaluer l'infestation. Le comportement des larves de Tineides (les seules à causer des dégâts sur l'espèce *D. cayenensis*) est observé également en fin de conservation sur les *D. alata*, expliquant le fort accroissement des pertes malgré l'absence de nouvelles galeries externes de larves.

Facteurs de résistance

Caractéristiques physiques et morphologiques des tubercules

- Teneur en eau : La teneur en eau des tubercules a un impact sur l'importance relative des différentes espèces de Lépidoptères, mais pas semble-t-il sur l'intensité de l'attaque. La rarefaction de *E. vapidella* en fin de stockage des *D. alata* est par ailleurs due en partie à la multiplication des parasites, dont le plus fréquent est *Phanerotoma leucobasis* Kriech (Hyménoptère Braconidae). Si quelques exemplaires de *E. vapidella* sont encore collectés sur les Bete Bete après 10 mois de stockage, il apparait par contre que le développement de la Teigne est limité sur les tubercules très hydratés.

- Résistance de l'épiderme et forme des tubercules : Les premières infestations interviennent en majorité sur les cassures des tubercules ou sur les blessures d'instruments de récolte. L'épiderme constitue donc une barrière à la pénétration des insectes. Celui des *D. cayenensis* est plus épais et résistant que celui des *D. alata*, ce qui a un impact direct sur la pénétration des larves et indirect en réduisant la fréquence des blessures de récolte et de manipulation des tubercules. Plus de 80 pour cent des tubercules de l'essai portaient des blessures, qui même légères, pouvaient constituer une voie de pénétration pour les larves.

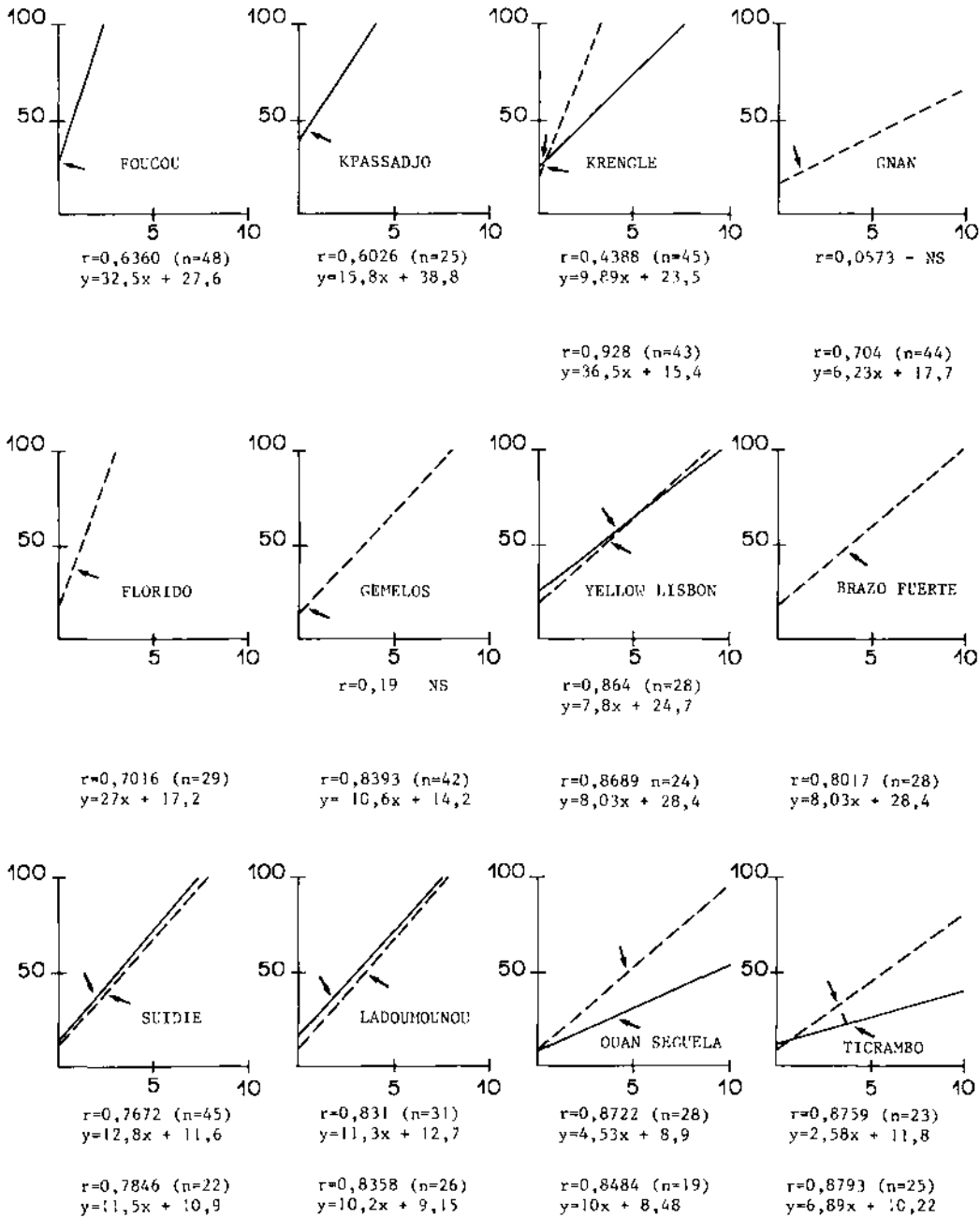


Figure 2

De même que la résistance de l'épiderme, la forme des tubercules conditionne la fréquence des blessures de récolte. Les tubercules allongés, implantés verticalement dans le sol comme c'est le cas des Bete Bete, sont plus difficiles à récolter et souvent cassés.

Les variétés de forme irrégulière, comme Brazo fuerte et Yellow lisbon, sont favorables à la pénétration des larves, qui utilisent les nombreuses aspérités comme point d'appui.

La variété Florido, bien que favorable au développement des Lépidoptères, est peu attaquée en début de conservation. Ses formes régulières et arrondies facilitent la récolte manuelle et la rendent apte à une récolte mécanisée, réduisant les risques de blessures.

Caractéristiques chimiques

L'absence de développement des insectes sur les *D. dumetorum* laisse supposer la présence de facteurs défavorables dans la composition chimique des tubercules, dont l'amertume rend les formes sauvages non consommables par l'homme. Cet aspect n'a pas fait l'objet d'étude particulière.

CONCLUSIONS

La part des différentes variétés d'ignames dans la production ivoirienne est conditionnée dans une large mesure par leur possibilité de conservation. Les variétés du groupe Bete Bete, qui sont les plus cultivées en zone centre ou l'igname constitue la base de l'alimentation vivrière, restent consommables sous forme de foutou après une période de conservation supérieure à 6 mois. Mais elles sont particulièrement sensibles aux insectes et subissent depuis ces dernières années de très fortes pertes. Aucune des 6 variétés de l'essai ne présente de résistance suffisante.

Les *D. cayenensis*, et particulièrement la variété Krengle, très appréciée sur le plan gustatif, sont en majorité utilisés comme igname de rente, et ne peuvent être conservées pour la consommation pendant plus de 4 mois. L'impact des insectes est limité sur la conservation des 4 variétés testées.

Les *D. alata* du groupe N'za occupent une place intermédiaire. Le développement de la culture de l'igname en Côte d'Ivoire passe par ces variétés dont certaines, comme Brazo fuerte, Yellow Lisbon ou Florido assurent un rendement élevé et stable. De même que pour les Bete Bete, leur conservation prolongée nécessite une protection insecticide. Seule la variété Gemelos présente une bonne aptitude à la conservation.

Tableau 5 : Pertes de poids dues à l'activité métabolique et aux insectes

	4 mois après récolte				6 mois après récolte	
	1984		1985		1984	
	Perte métabolique	Perte totale*	Perte métabolique	Perte totale*	Perte métabolique	Perte totale*
KRENGLE	23,8	27,6	16,1	28,1	38,7	75
GNAN	16,6	18,6	12	27,4	21,5	34,2
POUCOU	24,9	36	17,2	17,5	47,8	51,5
KPASSADJO	33,6	48,2	36,9	42	-	
D. cayenensis	24,7	32,6	20,6	28,8	36	53,6
GOROTO	14,7	24,9			30	72,1
BAKPORE	25,7	37,1			41,7	53,2
GEMELOS	14	14,6	13,6	19,2	35,7	47
YELLOW LISBON	27,2	62,4	18,8	60,8		80,6
FLORIDO	18,7	23,2	13,4	34,1	37,8	43,8
N'ZA	20,1	32,4	14,8	45,3	37	59,3
TICRAMBO	11,6	26,8	7,3	37,5	25	50,9
KOFFITEYA	14,9	16,5	5,9	37,3	24,6	27,1
LADOUNOUNOU	12,4	19,4	6,6	42,7	22,6	36,7
OUAN SEQUELA	9	38,7	9,1	56,1	18,8	46
SUIDIE	11,4	37,1	9,3	44,8	19,6	41,2
SOGIAN			6,7	41,9		
BETE BETE	11,9	31,7	7,5	45,1	22,1	40,4
D. esculenta			28,5	28,5		
D. dumetorum			25,9	25,9		

* Tubercules non traités - Dégâts de rongeurs exclus

Peu attaquée par les insectes, elles se déshydrate lentement et pourrait occuper au niveau du consommateur la même place que les Bete Bete.

En l'absence d'alternative au stockage en cabanes ou en cribs, le choix de variétés peu sensibles aux insectes est préférable à la pratique systémique des traitements chimiques. Bien que peu coûteux et sans danger pour les consommateurs, ils constituent une contrainte supplémentaire pendant la période de récolte. Leur renouvellement, en cas de conservation prolongée, nécessite la reconstitution complète du stock. Ils ne protègent qu'imparfaitement les variétés très sensibles comme Yellow Lisbon, Brazo fuerte et la plupart des Bete Bete, dont un pourcentage variant de 10 à 40 pour cent des tubercules traités étaient infestés dans le cadre de nos essais.

LA MALADIE DES TACHES BRUNES DU TUBERCULE D'IGNAME EN COTE D'IVOIRE

J.C. THOUVENEL, D. FARGETTE, C. PAUQUET

Laboratoire de Phytovirologie
ORSTOM Adiopodoumé
B.P. 551, ABIDJAN
COTE D'IVOIRE, Afrique de l'Ouest

RESUME

Les tubercules de *Dioscorea alata* récoltés dans le Centre de la Côte d'Ivoire présentent souvent de nombreuses petites taches à l'intérieur, le goût du tubercule en est très affecté et ces tubercules ne peuvent être consommés.

Les hypothèses quant à l'origine de ces taches sont diverses et attribuent en général ce phénomène à une maladie virale ou encore à la nature du terrain de culture.

Des essais ont été mis en place pour déterminer l'origine de ces taches brunes et il est possible d'écarter du nombre des hypothèses celles liées à la nature du terrain. Il semble de plus en plus qu'un agent pathogène de type viral soit en cause.

SUMMARY

Dioscorea alata tubers harvested in Central Ivory Coast show very often numerous brown spots inside, the taste of the tubers is affected and these tubers cannot be consumed.

Hypothesis on the cause of these spots are various, the phenomenon is attributed either to virus infections, or to soil conditions.

Trials have been realised in order to understand the origin of these brown spots, and it is possible to eliminate the hypothesis of a disease linked to soil conditions. More and more a pathogen belonging to viruses seems to be involved.

INTRODUCTION

La maladie des points noirs du tubercule d'igname a été reportée depuis longtemps dans les Caraïbes (COURSEY, 1967 ; JEFFERS & HEADLEY, 1967). Elle semblait se limiter à cette zone et n'avait pas été signalée en Afrique, les observations de SERPANTIE (1982 et 1983) en Côte d'Ivoire montrent que cette maladie existe depuis longtemps et que son impact est loin d'être négligeable. On trouve surtout cette maladie en zone de savane en pays Baoulé et en pays Tagouana, elle est quasi-inexistante en région forestière. Appelé *Douo sa* chez les Baoulés, le syndrome des points noirs est attribué à un excès de pluie. *N'ru* ou *M'ri* chez les Tagouanas, les hypothèses quant à la cause des points noirs sont diverses ; parfois irrationnelles (on les attribue à la violation d'un interdit par exemple), mais le plus souvent matérielles (causés par les fourmis noires, ou encore provoqués par l'enfouissement de restes végétaux au butage alors que d'habitude ceux-ci sont écartés du champ). Le fait de trouver surtout cette maladie en zone de savane, sur des terrains le plus souvent sableux, avait fait naître l'hypothèse d'une cause physiologique liée à la nature du sol. Cette communication fait le point sur nos recherches et montre que les points noirs du tubercule d'igname ne sont pas liés à la nature du sol, que cette maladie est probablement causée par un virus et que nous sommes en présence de la même maladie que celle décrite aux Caraïbes

DESCRIPTION DE LA MALADIE

Les points noirs ont été observés sur *Dioscorea alata* uniquement, en particulier dans le groupe Bété-Bété. La maladie ne semble pas devoir être reliée à des symptômes particuliers sur le feuillage, il n'est pas possible non plus de prédire la présence des points noirs à partir de l'aspect extérieur du tubercule. C'est seulement en coupant le tubercule en morceaux que l'on peut observer la présence ou l'absence de ces points noirs. Il n'y a d'ailleurs que peu de symptômes à la récolte, quelques points épars, jaunâtres le plus souvent. C'est au cours de la conservation que ces points augmenteront en taille qu'ils deviendront marrons ou noirs. La présence de ces points noirs qui restent sous forme de nodules plus durs lorsque l'igname est pilé entraîne une dépréciation du tubercule, il n'est pas consommé, ou avec moins d'appétit à cause de la présence de ces petites boules gênantes pour l'aspect et pour le goût (on estime que leur présence crée une certaine amertume). La vente en est difficile, voire impossible ; aussi le plus souvent ces tubercules sont utilisés... comme semences !

EVOLUTION LORS DE LA CONSERVATION

- Symptômes : les points noirs sont pratiquement imperceptibles à la récolte, en coupant les tubercules présumés atteints de cette maladie au moment de la récolte on observe généralement des petits points ou des taches jaunes inégalement réparties dans le tubercule. On en trouve sur les ignames à chair blanche, mais également dans certaines variétés à chair violette. Il y a une évolution qui se produit au cours de la conservation, ces petits points augmentent en taille, leur coloration s'intensifie, la consistance change: on se trouve en présence de véritables "nodules" bruns, sans relation aucune avec l'extérieur du tubercule. Ces nodules ressemblent fortement aux cellules liégeuses induites par certains virus dans la pomme de terre ou encore par certaines souches du Sweet potato feathery mottle virus dans la patate douce. La distribution de ces nodules à l'intérieur du tubercule ne se fait pas au hasard : on en trouve beaucoup plus vers les extrémités que dans le milieu et ils semblent se répartir suivant certaines lignes comme des faisceaux à mi-chemin entre le Centre et la circonférence du tubercule. Cette observation a son importance lors de l'utilisation de tubercules malades pour la replantation comme nous le verrons plus tard.

Nous avons également pu comparer l'évolution de ces points noirs suivant les conditions de stockage et nous avons pu observer, comme MANTELL & HAQUE l'ont fait pour l'INTERNAL BROWN SPOT (1978), que l'humidité favorisait l'importance des lésions.

- Perte de poids : il a été observé par SERPANTIE (1982) que les tubercules contenant des points noirs subissaient lors de la conservation une perte de poids plus rapide que les tubercules indemnes, ils semblent aussi plus fragiles vis à vis des insectes et connaissent davantage de problèmes pathologiques (les pourritures sèches sont plus fréquentes). Nous avons procédé à des mesures fines sur les tubercules récoltés pour vérifier que la perte de poids subie durant la conservation était fonction de la quantité de points noirs notée dans le tubercule. Nous n'avons pas pu dans les premiers résultats obtenus, montrer une telle relation. La perte de poids semble essentiellement liée à la taille du tubercule, plus celui-ci est petit et plus la perte de poids est proportionnellement élevée mais la taille du tubercule elle même n'est pas en relation directe avec l'intensité des symptômes. Ces observations demandent à être confirmées et seront reprises avec plus d'ampleur cette année.

ESSAI DE TRANSMISSION PAR TUBERCULE

- Replantation : Afin de vérifier si la présence des points noirs était liée à la nature du sol, nous avons en 1982 été chercher dans le centre de la Côte d'Ivoire

(Agbakro, près de Bouaké) des tubercules dans un champ où la quasi totalité de la récolte est malade, d'année en année. Ces tubercules ont été conservé 5 mois avant d'être planté à Adiopodoumé en zone forestière dans un terrain spécialement préparé. La récolte de 1983 a été conservée de la même manière, replantée, puis récoltée en 1984 pour être replantée en avril 1985. Nous avons ainsi pu observer sur trois générations que la maladie des points noirs se perpétuait quelle que soit la nature du sol. De plus des plantations effectuées en serre dans un terreau spécialement préparé, stérilisé et enrichi d'engrais complet à intervalles réguliers ont produits des tubercules contenant aussi des points noirs. Il a toutefois été noté que la position du fragment semence dans le tubercule mère semblait conditionner la quantité de points noirs observés. Les fragments originaires des extrémités conduisaient à des tubercules contenant beaucoup plus de points noirs que ceux qui dérivait de fragments provenant du centre du tubercule parental. Cette observation est liée à la répartition des points noirs dans le tubercule, il semble y avoir une relation directe entre la quantité et la taille des points noirs dans le semenceau et la quantité de points noirs que l'on retrouve dans la descendance.

RECHERCHE DE L'AGENT PATHOGENE

Les différentes tentatives de recherche d'un champignon ou d'une bactérie dans les points noirs ayant été négatives, nous nous sommes attaché à rechercher la présence d'un virus dans les plants malades, par des essais de transmission et par la recherche de particules virales dans les extraits bruts de feuilles et de tubercules provenant de plants malades. Par inoculation mécanique sur *Nicotiana benthamiana* nous avons pu obtenir, à partir de feuilles de plants malades et pas d'une manière systématique, la transmission d'un agent qui a pu être caractérisé comme le virus de la mosaïque de l'igname.

Les essais d'inoculation de broyat de tubercule malade ont été négatifs. La transmission retour sur *Dioscorea cayenensis* a pu être réalisée à partir de feuilles de tabacs inoculés présentant les symptômes de mosaïque. De même lors des observations en microscopie électronique, les seules particules virales trouvées ont été des particules flexueuses d'environ 750 nm de longueur, ces particules ont été retrouvées aussi bien dans les feuilles que dans le tubercule présentant des points noirs. Il faut signaler que à aucun moment nous n'avons trouvé de particules bacilliformes.

TESTS SEROLOGIQUES

Des contrôles sérologiques systématiques par la méthode ELISA (THOUVENEL & FAUQUET, 1980) ont été effectués sur les plants d'igname supposés malades, une forte proportion

de ces plants a été trouvée atteinte de la mosaïque de l'igname, cependant pour l'instant aucune corrélation stricte entre la mosaïque de l'igname et la présence des points noirs sur les tubercules n'a pu être établie.

CONCLUSION

Les observations sur trois générations successives d'igname montrent que le syndrome des points noirs n'est pas lié à la nature du sol. Il y a manifestement présence d'un agent pathogène lié au tubercule et qui se propage d'année en année, favorisé par le fait que les tubercules présentant ces points noirs sont peu appréciés pour la consommation et qu'ils sont donc destinés avant tout à la multiplication. Il est logique de penser qu'une information au niveau paysannal apporterait une amélioration sensible de la situation en Côte d'Ivoire en ce qui concerne cette maladie.

Les observations sur la présentation, la disposition et l'évolution de ces points noirs concordent parfaitement avec les observations effectuées aux Caraïbes sur l'Internal Brown Spot de l'Igname (MANTELL et al, 1974 ; MANTELL & HAQUE, 1978, 1979, 1980) et il n'est pas douteux que l'on se trouve en présence du même phénomène.

Il n'est pas encore possible d'affirmer que l'agent causal de cette maladie est le virus de la mosaïque de l'igname et que ce syndrome des points noirs est une manifestation particulière chez les *Dioscorea alata* de cette maladie, comme on rencontre chez certaines variétés de patate douce le même type de syndrome avec le Sweet potato feathery mottle virus. Il est à noter cependant qu'aucune particule virale bacilliforme du type de celles parfois observées dans les Caraïbes (HARRISON & ROBERTS, 1973 ; MOHAMED, 1976) n'a pu être trouvée en Côte d'Ivoire et qu'il semble moins évident d'attribuer la maladie des points noirs à ce type d'agent.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COURSEY, D.G. 1967. Internal brown spot - a condition in yams in Barbados. J. Agric. Soc. Trinidad, 67 : 473-482.
- HARRISON, B.D. and ROBERTS, I.M. 1973. Association of virus-like particles with internal brown spot of yam (*Dioscorea alata*). Trop. Agric. (Trinidad) 50 : 335-340.
- JEFFERS, W. DE C., and HEADLEY, W. 1967. The problem of "internal spotting" of yams *Dioscorea* sp. in Barbados. Minist. Agric. Barbados, Bull. N° 46, pp. 7.
- MANTELL, S.H. and HAQUE, S.Q. 1978. Incidence of internal brown spot disease in white Lisbon yams (*Dioscorea alata*) during storage. Experimental Agric. 14 : 167-172.
- MANTELL, S.H. and HAQUE, S.Q. 1979. Internal brown spot disease of yams. Yam Virus Project Bulletin N° 3, CARDI, Trinidad.
- MANTELL, S.H. and HAQUE, S.Q. 1980. Status of the virus diseases of yams (*Dioscorea* spp.) in the Commonwealth Caribbean. In "L'Igname". Séminaire International sur l'Igname. Guadeloupe. Versailles : INRA-Service des Publications, 1981 pp. 85-92. (Les colloques de l'INRA ; 2).
- MANTELL, S.H., MOHAMED, N., HAQUE, S.Q., and PHELPS, R.H. 1974. Some observations of internal brown spot and virus-like symptoms of yam (*Dioscorea* spp.) in the Commonwealth. Proceedings XIIth Annual Meeting CPCS. Jamaica pp. 68-73.
- MOHAMED, N.A. 1976. Virus-like particles and cytoplasmic inclusions associated with diseased *Dioscorea* spp. in the Eastern Caribbean. Trop. Agric. (Trinidad) 53 : 341-351.
- SERPANTIE, G. 1982. Note sur la conservation des ignames en zone centre : principaux problèmes rencontrés dans le cadre d'une enquête en milieu rural. Séminaire du CIRES, Abidjan, 11-15 Mai 1982.
- SERPANTIE, G. 1983. Le stockage des ignames dans les exploitations agricoles du centre de la Côte d'Ivoire : fonctions, techniques et diagnostic. In "L'Igname", Les Rencontres à l'ENSA d'Abidjan, éd. ENSA & AUPELF, pp. 133-177.
- THOUVENEL, J.C., and FAUQUET, C. 1980. Problèmes virologiques de l'igname en Côte d'Ivoire. In "L'Igname". Séminaire International sur l'Igname. Guadeloupe. Versailles : INRA-Service des Publications, 1981 pp. 101-105. (Les colloques de l'INRA ; 2).

REPARTITION ET EVOLUTION DE L'ACTIVITE PHOSPHATASIQUE ACIDE DANS QUELQUES TUBERCULES D'IGNAME DE COTE D'IVOIRE

(Distribution and evolution of acid phosphatase in some
tubers of Ivory Coast)

A. KAMENAN

Laboratoire de Biochimie, Faculté des Sciences
04 B.P. 322 ABIDJAN 04 (Côte d'Ivoire)

RESUME

La première remarque qui ressort de cette distribution est la grande richesse en phosphatases acides des cultivars de l'espèce *D. cayenensis rotundata*, comparativement aux autres espèces étudiées.

La seconde remarque est que les taux de protéines augmentent au cours de la conservation, alors que l'activité phosphatase acide cytoplasmique diminue. Cette diminution se fait au profit d'une augmentation des phosphatases acides membranaires.

Ce comportement des phosphatases acides cytoplasmiques et membranaires fait donc penser que les phénomènes physiologiques, dans lesquels les phosphatases acides sont impliquées au cours de la conservation, pourraient être des phénomènes membranaires.

La troisième remarque est que les cultivars d'ignames, riches en phosphatases acides le sont aussi en phosphorylases, ce qui accorde l'idée que les phosphatases acides pourraient être des fournisseurs de phosphate inorganiques, pour le fonctionnement des phosphorylases au cours des réactions cataboliques des glucides.

SUMMARY

First, the cultivars of *D. cayenensis-rotundata* species are very rich when compared to the other ones studied.

Second, the level of protein climbs during the conservation while the cytoplasmic acid phosphatase activity lowers. This lowering is at the benefit of a rising of the membran acid phosphatases : the

physiological process involving acid phosphatases during conservation could be membran process.

Third, the yams cultivars with high level of acid phosphatases hold the same for phosphorylases, which leads that acid phosphatases could be the purveyors of inorganic phosphatases in the phosphorylases functioning during the catabolic reactions of the carbohydrates.

In view of this importance of acid phosphatases, it appeared necessary to go through their purification and the definition of their properties which could enlight their physiological function.

INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire a décidé ces dernières années de s'engager résolument dans la bataille de l'autosuffisance alimentaire.

Pour que cette noble bataille soit gagnée, il faut que le pays s'assure non seulement une meilleure maîtrise des techniques de production intensive de nos denrées alimentaires, mais aussi et surtout qu'il soit capable de proposer aux producteurs des techniques de conservation rentables.

Ceci est d'autant plus nécessaire, que le potentiel alimentaire de notre pays repose en très grande partie, sur l'utilisation des tubercules tels que le manioc et l'igname dont la production intensive a toujours été freinée par de réelles difficultés de conservation après la récolte. Ces difficultés se soldent dans le cas de l'igname par exemple, par des pertes pouvant atteindre 25 pour cent de la production totale.

Les raisons de ces pertes sont essentiellement de deux ordres : il y a d'abord le facteur environnemental qui se traduit par une agression intense des tubercules par un certain nombre de prédateurs, allant des micro-organismes (bactéries, virus, champignons) (1-3) aux rongeurs (4) ; il y a ensuite le facteur métabolique, dont l'ampleur tient au fait que ces tubercules sont presque essentiellement glucidiques (80 -85 pour cent du poids sec). La mobilisation de ces glucides lors de la germination, est un phénomène néfaste puisqu'il se traduit par une perte importante de poids des tubercules après récolte.

En ce qui concerne les facteurs de dégradation dus à l'environnement du tubercule, des efforts louables ont été faits et continuent de se faire à travers l'utilisation des pesticides et autres produits chimiques pour enrayer l'action des prédateurs animaux et végétaux.

Le facteur métabolique est par contre très peu étudié. Il est cependant aisé de penser que la maîtrise de ce facteur, à travers la connaissance des enzymes du métabo-

lisme glucidique et leur implication dans la levée de dormance, peut permettre de retarder le processus de la germination et ce faisant, de prolonger la période de conservation des tubercules.

C'est dans cet esprit que notre Laboratoire dans le cadre du programme de recherches sur la conservation de l'igname, a entrepris depuis quelques années l'étude des enzymes glycolytiques de l'igname.

Deux modes de dégradation enzymatique de l'amidon sont connus depuis longtemps chez les plantes amylacées (5-6). Il s'agit d'une part, des réactions de phosphorolyse sous l'influence des phosphorylases et d'autre part de processus d'hydrolyse faisant intervenir différents types d'amylases.

Les phosphorylases ont été détectées en quantité appréciables dans tous les cultivars de *Dioscorea cayenensis rotundata*, alors que les amylases ont été trouvées en quantités prépondérantes dans les cultivars de *Dioscorea esculenta* (7-9). Il est donc aisé d'envisager l'hypothèse que le processus enzymatique de dégradation de l'amidon, prédominant chez *Dioscorea cayenensis rotundata* est un processus phosphorolytique.

Les amylases et les phosphorylases font actuellement l'objet d'une étude approfondie dans notre Laboratoire.

En ce qui concerne l'action des phosphorylases, le problème de l'apport du phosphate inorganique indispensable est un problème fondamental, que pourrait résoudre la présence dans ces tubercules de phosphatases acides dont l'étude fera l'objet du présent travail.

L'importance et le rôle des phosphatases acides végétales (E.C.3.1.3.2.) ont été largement soulignés par plusieurs auteurs : les phosphatases acides interviendraient non seulement dans l'hydrolyse des monoesters phosphoriques (10-15), mais aussi dans le transport du groupement phosphate (16-18) et dans l'absorption des solutés au niveau des parois cellulaires (14, 17, 19-23).

Le rôle des phosphatases acides dans la germination des semences de blé a été rapporté par BIANCHETTI et SARTIRANA (24) qui observent une forte activité phosphatasique chez l'embryon. Cette augmentation de l'activité phosphatasique est régulée par la teneur en phosphate inorganique des tissus. Selon MURRAY et COLLIER (15) l'élévation passagère de l'activité phosphatasique acide des pois reflète un mécanisme d'hydrolyse des esters phosphorylés et la restitution du phosphate inorganique à l'embryon.

Pour mieux cerner quelques aspects de l'importance des phosphatases acides dans le métabolisme du phosphate au niveau des tubercules d'igname, nous avons pensé qu'une étude approfondie de ces enzymes était indispensable.

Dans ce travail, nous nous proposons de suivre la répartition et l'évolution de l'activité phosphatasique acide dans quelques tubercules d'igname cultivé en Côte d'Ivoire.

MATERIELS ET METHODES

Matériels

Les échantillons d'ignames proviennent du champ expérimental du Pr. TOURE BAKARY et sont conservés à la température du Laboratoire (22°C). Ce sont des tubercules d'environ 1 kg, fournis à notre Laboratoire environ 10 jours après la récolte.

Méthodes

Extraction des phosphatases acides cytoplasmiques

Pour extraire les phosphatases acides cytoplasmiques, il suffit de faire éclater les cellules, soit par broyage, soit par macération aqueuse des tissus en définissant la molarité et le pH du milieu. Se basant sur ce principe d'extraction, plusieurs auteurs ont extrait et étudié des phosphatases acides cytoplasmiques de patate douce (26-31), de racines de riz (23), de seigle (32-33), de racines et grains de maïs (34-37), de feuilles de tabac (38) etc...

Pour l'extraction des phosphatases acides cytoplasmiques des cultivars de *Dioscoréacées* étudiées, des tranches de 100 g sont prélevées sur toute la longueur du tubercule épluché puis broyées dans 100 ml de tampon acétate 0,05 M pH 5,0 pendant 2 min, dans un broyeur Turmix AG. Le broyat est ensuite centrifugé pendant 15 min à 20.000 x g à 4°C. Le surnageant est ramené à chaque fois à un volume standard de 120 ml avec le tampon acétate 0,05 M pH 5,0 et est utilisé pour la détermination des activités enzymatiques. Le culot qui contient des débris membranaires est utilisé pour l'extraction des phosphatases acides membranaires.

Extraction des phosphatases acides membranaires

L'extraction des phosphatases acides liées aux débris membranaires est effectuée selon la technique de HASEGAWA et coll. (14). Le culot est lavé trois fois avec de l'eau distillée puis mis en suspension dans le tampon acétate contenant 0,2 pour cent de Triton X-100, un détergent non ionique, pour laver les débris cellulaires. Les débris sont ensuite relavés à l'eau distillée puis remis en suspension dans environ 50 ml de NaCl 0,8 M puis incubé à 4°C pendant 12 heures et centrifugé à 4°C pendant 15 min à 20.000 x g. Le surnageant est dialysé contre le tampon acétate 0,05 M pH 5,0. Il est utilisé comme extrait brut de phosphatases acides membranaires extractibles.

Détermination de l'activité enzymatique

Elle est déterminée selon la méthode de GAREN et LEVINTHAL (39) en présence de p-nitrophenyl phosphate. Le p-nitrophenol libéré est dosé colorimétriquement. L'enzyme est ajouté à 2,0 ml de substrat 0,005 M dans du tampon acétate 0,05 M pH 5,0 et incubé à 37°C. La réaction est arrêtée par addition de 2,0 ml de NaOH 1N. L'activité des phosphatases acides non extractibles du résidu est déterminée selon la méthode de Stafford et Bravinder-Bree (40), qui consiste à mettre en suspension une quantité déterminée du résidu dans le tampon de dosage (tampon acétate 0,1 M pH 5,0), puis de doser l'activité enzymatique de la façon habituelle.

Sauf indication contraire, une unité enzymatique est définie comme la quantité d'enzyme qui hydrolyse un mole de substrat par minute à 37°C dans des conditions expérimentales précisées

Dosage des protéines

Les protéines sont dosées suivant le stade de la purification par la méthode du biuret (41) ou par la méthode de LOWRY et coll. (42) avec comme protéine étalon, la sérum-albumine bovine.

RESULTATS

La distribution des phosphatases acide cytoplasmiques dans quelques *Dioscoréacées* de Côte d'Ivoire est présentée dans le Tableau I. Les teneurs des activités phosphatasiques des extraits cytoplasmiques (Tableau I) montrent bien que tous les cultivars étudiés contiennent des phosphatases acides cytoplasmiques mais que leurs taux sont très variables d'une espèce à une autre. Ainsi, l'espèce *D. cayenensis-rotundata* contient 3 à 4 fois plus d'enzymes cytoplasmiques de *Dioscorea alata* et 4 à 5 fois plus que *Dioscorea esculenta*

Les 8 cultivars de *D. cayenensis rotundata* étudiés ont en effet des teneurs en phosphatases acides cytoplasmiques allant de 26 à 48 unités par millilitre d'extrait, alors que chez les cultivars de *D. alata*, on trouve des valeurs de 10 à 12 unités par millilitre d'extrait. En ce qui concerne les cultivars de *D. esculenta*, il présentent les taux d'activités phosphatasiques les plus faibles mais uniformément répartis.

Contrairement à ce qui se passe chez d'autres enzymes de tubercules amylacés (7,43), les activités phosphatasiques cytoplasmiques diminuent avec le temps de conservation dans tous les cultivars d'igname étudiés (tableau II).

Cette diminution observée chez toutes les espèces varie d'un cultivar à un autre. On note une diminution de l'activité enzymatique après 2 mois de conservation d'environ 10 % et une diminution d'activité encore plus importante après

TABLEAU I : TENEUR EN PHOSPHATES ACIDES CYTOPLASMIQUES

(U = Unités enzymatiques)

<i>Bioscorea cayenensis- rotundata</i>	U/ml	Protéines (mg/ml)	Activité spéci- fique (U/mg)
Kponan	48	2,4	20
Gnanrio	32	2	16
Kroupa	30	2	15,3
* Desoplé	28	1,9	15,1
Tinguéré	27	1,9	14,6
Dangarigué	26,8	1,9	14,2
Dicahi	26,5	1,8	14,2
Siara	26	1,8	14,1
<i>Bioscorea alata</i>			
Florido	12	1,8	6,5
Brazo-Fuérté	11,6	1,9	6,10
* Doukokoré	10	1,6	6,3
Namassou	10	1,6	6,2
Ticangangbo	10	1,6	6,2
<i>Bioscorea esculenta</i>			
N° 2	8,4	1,8	4,5
N° 3	8,8	2,0	4,4
N° 5	8,2	1,9	4,3
N° 6	8,2	1,8	4,5
N° 7	8,1	2,1	4,2
N° 8	8,1	2,3	4,1
N° 9	8,0	2,1	4,0

* Noms locaux de cultivars d'ignames

TABLEAU II : EVOLUTION DES ACTIVITES PHOSPHATASIQUES CYTOPLASMIQUES AU COURS DE 5 MOIS DE CONSERVATION.

(U = Unités enzymatiques)

(a.sp. = activités spécifiques)

CULTIVARS	A la récolte			après 2 mois			après 5 mois		
	U/ml	Protéines (mg/ml)	a.sp U/mg	U/ml	Protéines (mg/ml)	a.sp U/mg	U/ml	Protéines (mg/ml)	a.sp U/mg
<i>Dioscorea cayensis rotundata</i>									
Kponan	48	2,4	20,1	43	2,7	15,9	35	2,9	12
Gnanrio	32	2	16,0	28	2,5	11,2	25	3	8,3
* Kroupa	30	2	15,0	27	2,7	10,0	23	2,8	8,2
Desoplé	28	1,9	14,7	25,2	2,4	10,5	22	2,7	8,1
Tinguère	27	1,9	13,9	23	2,1	10,9	20	2,6	7,7
Dangarigué	26,8	1,9	14,0	22	2,1	10,4	19	2,4	7,9
Dicahi	26,5	1,8	14,3	21	2,0	10,5	19	2,4	7,9
Siara	26	1,8	14,1	20	2,1	9,5	15	2,2	6,8

* Noms locaux de cultivars d'ignames.

5 mois de conservation. On remarque dans le tableau II, que le cultivar *D. cayenensis* var *Kponan* par exemple, passe de 48 unités/ml d'activités phosphatasiques à la récolte à 43 unités/ml après 2 mois et 35 unités/ml après 5 mois de conservation, et que le cultivar *D. cayenensis* var *Siara* perd plus de 40 pour cent de l'activité phosphatasique cytoplasmique après 5 mois, alors que *D. cayenensis* var *Desoplé* ne perd qu'environ 20 pour cent de ses activités phosphatasiques cytoplasmiques.

Cette diminution de l'activité phosphatasique cytoplasmique semble être compensée par une augmentation des activités phosphatasiques liées aux débris membranaires.

En effet, ainsi que l'indique le tableau III, l'activité phosphatasique membranaire extractible, passe de 14 unités à la récolte à 20 unités après 2 mois de conservation et 25 unités après 5 mois de conservation. L'activité phosphatasique membranaire non extractible augmente également avec le temps de conservation, en passant de 31 unités à la récolte à 34 unités après 2 mois et 36 unités après 5 mois.

DISCUSSION

Les phosphatases acides sont distribuées en quantités plus ou moins importantes selon les espèces de Dioscoréacées étudiées.

Toutefois les cultivars qui contiennent les taux de phosphatases acides les plus importants, semblent être ceux de l'espèce *D. cayenensis* *rotundata*, espèces qui est la plus appréciée en Côte d'Ivoire.

Alors que d'une façon générale, le taux de protéine augmente avec le temps de conservation des tubercules, on remarque ici une diminution de l'activité phosphatasique acide cytoplasmique. Cette diminution se fait au profit d'une augmentation des phosphatasiques acides membranaires, confirmant ainsi l'hypothèse déjà émise par DIOPH et KAMENAN (7). On peut penser en conséquence, que les phénomènes métaboliques dans lesquels les phosphatases acides sont impliquées au cours de la période de conservation, et plus particulièrement au moment de la levée de dormance seront essentiellement des phénomènes membranaires.

Il faut noter que les différents cultivars dans lesquels le taux de phosphatases acides est élevé, sont ceux dans lesquels une importante activité phosphorylasique est aussi décelée (7). Cette situation serait en faveur de l'hypothèse, que les phosphatases pourraient être des fournisseurs de phosphate inorganique, pour le fonctionnement des phosphorylases au cours des réactions cataboliques des glucides.

TABLEAU III : REPARTITION ET EVOLUTION DE L'ACTIVITE PHOSPHATASIQUE ACIDE DANS LE TUBERCULE DE *D. CAYENHENSIS*
ROTUNDEATA VAR KPONAN AU COURS DE 5 MOIS DE CONSERVATION.

		A la récolte		après 2 mois		après 5 mois	
		Activité (U)	a.sp (U/mg)	Activité (U)	a.sp (U/mg)	Activité (U)	a.sp (U/mg)
<u>Phosphatase acide cytoplasmique</u>		48	20±0,5	43	15,9±0,4	35	12±0,2
<u>Phosphatase acide</u> <u>membranaire</u>	extractible	14	25±0,2	20	20±0,2	25	17±0,2
	non extrac- tible	31	17±0,3	34	16±0,2	36	16±0,3

U = Unités enzymatiques

a.sp = Activités spécifiques

REFERENCES

- 1 FOUA-BI K. (1979) Effet de piqûres de *Aspidiella hartii* sur la levée, le développement de l'appareil végétatif et la productivité de l'igname. International Seminar, yams BUEA 1978. Report n°3 325-338.
- 2 MEHAUD T.M. (1974). Contribution à l'étude des parasites de l'igname. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (Travaux non publiés), Laboratoire de Zoologie.
- 3 FOUA-BI K. (1982). Etude de *Aspidiella Hartii* CKLL, déprédateur des ignames en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences n° d'ordre 67 ABIDJAN.
- 4 FOUA-BI K., DEMAUX M. et BABACAUH K.D. (1979). Pertes sur les ignames au cours du stockage : cause et méthodes de lutte. Culture et Technologie. Actes sur le 1er Colloque International de Technologie - YAOUNDE AUPELF (Association des Universités Partiellement ou entièrement de Langue Française).
- 5 ARREGUIN-LOZANO B. et BONNER J. (1949). Experiments on sucrose formation by potato tubers as influenced by temperature. Plant. Physiology 24, 720-738.
- 6 SCHWIMMER S. (1953). Enzyme systems of the white potato. Journal of agriculture Food chemistry 1, 1963-1069.
- 7 DIPOH J. et KAMENAN A. (1981). Distribution de l'amylase, de la phosphorylase et de la phosphatase acide dans quelques Dioscoréacées de Côte d'Ivoire. Physiologie Végétale 19, 401-405.
- 8 HOUVET D., DIPOH J., KETEKOU F.S. et MARCHIS-MOUREN G. (1982) Effets de la température sur les activités amylasiques des tubercules d'igname (*Dioscorea esculenta*). Physiologie végétale 20, 443-450.
- 9 HOUVET D., DIPOH J., KETEKOU F.S. et MARCHIS-MOUREN (1982). Caractérisation et évolution des activités amylasiques des tubercules germés et non germés d'igname (*Dioscorea esculenta*) Physiologie végétale 20, 451-457.
- 10 SPENCER D. (1954). Effet of molybdate on the activity of tomato acid phosphatase. Australian Journal of Biological Science. 7, 151-160.
- 11 JOYCE B.K. and GRISOLIA S. (1960). Purification and properties of a nonspecific acid phosphatase from wheat germ. Journal of Biological chemistry. 235, 2278-2281.
- 12 ALVAREZ E.F. (1962). The kinetics and mechanism of the hydrolysis of phosphoric acid esters by potato acid phosphatase. Biochimica et Biophysica Acta 59, 663-672.

- 13 HSU R.Y., CLELAND W.W. and ANDERSON L. (1966). Mechanism of action of the nonspecific phosphomonoesterase from potatoes. *Biochemistry* 5, 799-807.
- 14 HASEGAWA Y., LYNN K.R. and BROCKBANK W.J. (1976). Isolation and partial characterization of cytoplasmic and wall-bound acid phosphatases from wheat roots. *Canadian Journal of Botany* 54, 1163-1169.
- 15 MURRAY D.R. and COLLIER (1977). Acid phosphatase activities in developing seeds of *Pisum sativum* L. *Australian Journal of Plant Physiology* 4, 843-848.
- 16 WOOLHOUSE H.W. (1969). Differences in the properties of the acid phosphatase of plant root and their significance in the evolution of edaphic ecotypes. In *Ecological aspects of the mineral nutrition of plants*. R.H. RORISON, ed. Symposium of British and ecological society 9, 357-380 Blackwell Oxford.
- 17 BIELESKI R.L. and JOHNSON P.N. (1972). The external location of phosphatase activity in phosphorus-deficient *Spirodela oligorrhiza*. *Australian Journal of Biological Science* 25, 707-720.
- 18 BIELESKI R.L. (1973). Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. *Annual Review of Plant Physiology*. 24, 225-252.
- 19 LAMPORT D.T.A. et NORTHCOTE D.H. (1960). The use of tissue cultures for the study of plant cell walls. *Biochemistry journal* 76, 52.
- 20 LAMPORT D.T.A. (1960). Cell wall metabolism. *Annual Review of Plant Physiology*. 21, 235-270.
- 21 KUBICZ A., MORAWIECKA B. and KRUZEL N. (1974). Heterogeneity of acid phosphatase from potato tubers. *Acta Biochimica Polonica*. 21, 113-117.

- 22 KUBIGZ A. (1973)
Acid phosphatase III from potato tubers, molecular weight and submit structure.
Acta Biochimica Polonica 3, 223-229.
- 23 IGAUE I., WATABE H., TAKAHASHI K., TAKEOKOSHI M. and MOROTA A. (1976)
Agricultural and Biological chemistry 40, 823-825.
- 24 BIANCHETTI R. et SARTIRANA M.L. (1967)
The mechanism of the repression by inorganic phosphate of phytate synthesis in the germinating wheat embryo.
Biochimica et Biophysica Acta, 145, 485-490.
- 25 ASHFORD A.E. et MCCULLY M.E. (1970)
Cytochemical localization of acid phosphatase in isolated aleurone. *Protoplasma* 70, 441-456.
- 26 CATESSON A.M., GOLDBERG R. et WINNY M.C. (1971)
Etudes d'activités phosphatasiques acides dans les cellules d'acer *pseudoplatanus* cultivées en suspension. *Comptes rendus de l'académie des Sciences de Paris* 272, Série D 2078-2081.
- 27 HOLCOMB G.E., HILDEBAND A.C. et EVERT R.F. (1967)
Evidence for the intervention of cell wall phosphatase in adenosine mono-phosphate utilization by acer *pseudoplatanus* cells.
American Journal of Botany 54, 1224-1229.
- 28 UEHARA K., FUJIMOTO S., TANIGUCHI T. and NAKAI K. (1974)
Studies on violet-colored acid phosphatase of sweet potato enzymatic properties and amino acid composition.
Journal of Biochemistry 75, 639-649.
- 29 UEHARA K., FUJIMOTO S. and TANIGUCHI T. (1971)
Violet-colored acid phosphatase of sweet potato.
Journal of Biochemistry 70, 183-186.
- 30 UEHARA K., SUGENO K., KOMETANI Y. and YAMAMOTO H. (1961)
Purification of acid phosphatase of sweet potato
Seikagaku 33, 769-772.
- 31 UEHARA K., FUJIMOTO S. and TANIGUCHI T. (1974)
studies on violet-colored acid phosphatase of sweet potato I Purification and some physical properties.
Journal of Biochemistry 75, 627-638.
- 32 HALL J.L. and BUTT V.S. (1968)
Localization and kinetic properties of B-glycerophosphatase in Barley roots.
Journal of experimental botany 19, 276-287.

- 33 HALL J.L. and BOTT V.S. (1969)
 ATPase activity in cell wall preparations and excised roots of barley.
Journal of Experimental Botany 20, 751-762.
- 34 GALLACHER S.R. and LEONARD R.T. (1982)
 Effect of vanadate, Molybdate, and azide on membrane-associated ATPase and soluble phosphatase activities of corn roots.
Plant Physiology 70, 1335-1340.
- 35 COUPE M. et D'AUZAC J. (1979)
 Phosphatases et ATPases liées aux parois squelettiques.
Physiologie végétale 17, 801-815.
- 36 CHANG C.N. et BANDURSKI R.S. (1961)
 Exocellular enzymes of corn roots.
Plant Physiology 39, 60-64.
- 37 KIVILÄN A., BEANAN T.C. et BANDURSKI R.S. (1961)
 Enzymatic activities associated with cell wall preparations from corn coleoptiles.
Plant Physiology 36, 605-610.
- 38 SUZUKI T. and SATO S. (1973)
 Properties of acid phosphatase in the cell walls of tobacco cells cultured in vitro.
Plant and cell physiology 14, 585-596.
- 39 GAREN A. and LEVINTHAL C. (1960)
 A fine structure genetic and chemical study of the enzyme alkaline phosphatase of *E. coli*.
Biochimica et Biophysica Acta 38, 470-483.
- 40 STAFFORD H.D. and BRAVENDER-BREE (1972)
 Peroxidase isozymes of first internodes of sorghum. Tissue and intracellular localization and multiple peaks of activity isolated by gel filtration chromatography.
Plant Physiology 49, 950-956.
- 41 GORNALL A.G., BARDAWILL C.J. and DAVID M.M. (1949)
Journal of Biological Chemistry 177, 751-766.
- 42 LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L. and RANDAL R.J. (1951)
 Protein measurement with the Folin phenol reagent.
Journal of Biological Chemistry 193, 265-275.
- 43 UGOCHUKWU E.N., ANOSIKE E.O. and AGOGBUA I.O.S. (1977)
 Changes in enzyme activity of white yam tubers after prolonged storage.
Phytochemistry 16, 1159-1162.

REACTIONS DIFFERENTES DE L'IGNAME (DIOSCOREA L.)
AU BOUTURAGE IN VITRO, SELON LE CULTIVAR

(Different reactions of yam (*Dioscorea* L.) to in vitro
node cutting, in reference to the cultivars)

R. ARNOLIN

Station d'Amélioration des Plantes
INRA Antilles-Guyane
97170 PETIT-BOURG

RESUME

Des cultures d'ignames des 3 espèces majeures (*D. alata*, *D. cayenensis* et *D. trifida*) ont été bouturés in vitro.

D. cayenensis s/sp *rotundata* présente en tube la meilleure croissance. C'est par contre cette sous-espèce qui a le moins bon comportement après le passage au champ. La précocité et la réaction photopériodique expliquent en partie ce comportement.

A leur sortie de tube, les plantules de *D. alata* et *D. trifida* donnent plusieurs tiges successives, de plus en plus longues et grosses. Leur comportement moyen au champ est bon.

SUMMARY

Node cutting of yam cultivars from the 3 main-species (*D. alata*, *D. cayenensis* and *D. trifida*) were cultivated in vitro.

D. cayenensis s.sp *rotundata* has in vitro the best growth. However this sub species present the worst behaviour in the field. Precocity and photoperiodic reaction explain partly this behaviour.

When they are transfered out of the tube, *D. alata* and *D. trifida* plantlets give successively several stems which become longer and bigger. In the average they have a good behaviour in the field.

INTRODUCTION

La culture de l'Igname (*Dioscorea* sp) connaît en Guadeloupe un net regain. Ce regain est dû au recul de la canne qui laisse des terres libres, et aussi au goût de la population autochtone qui fait de l'igname sa première source locale d'amidon.

Cependant, l'utilisation de tubercules ou de fragments de tubercule comme plants met en concurrence le consommateur et le planteur, qui utilisent tous les deux le tubercule, et facilite l'accumulation de maladies comme les virus et les nématodes.

Pour soutenir le développement de la culture de l'igname, l'INRA a entrepris l'étude des techniques de multiplication accélérée. Parmi ces techniques nous avons retenu le bouturage in vitro, objet de ce travail.

MATERIEL ET METHODE

Nous avons choisi trois variétés :

Pour *D. alata* le cultivar Belep dont la chair est blanche et qui montre une bonne résistance à l'antracnose.

Pour *D. trifida*, le cultivar INRA 5-20 à tubercules subsphériques assez réguliers, à chair blanche, à bonne production.

Pour *D. cayenensis*, le cultivar MOROKOROU qui allie la précocité à un goût légèrement différent de la variété Grosse-Caille, standard local. Après leur entrée en culture in vitro, nous avons comparé à partir d'explants secondaires leur comportement sur quelques milieux pour déterminer leur meilleur taux de multiplication. Nous présentons ici le comportement comparé sur les milieux 169 et N 30K

Puis nous avons suivi ces vitroplantules au champ après passage par une serre d'adaptation. Nous avons réalisé 2 passages successifs au champ, le 1er en laissant les plantules 45 jours sous une ombrière arrêtant 60 pour cent de lumière, le second en plaçant les plantules au champ sans ombrière. L'arrosage au champ est fait avec des asperseurs ou des buses.

RESULTATS

Comportement comparé de Morokorou, Belep et INRA 5-20 sur les milieux N 30K et 169

Le tableau 1 montre pour ces trois cultivars, dans les 2 mois qui suivent la mise en culture sur le milieu N 30K l'évolution des caractères suivants : le pourcentage d'explants enracinés, le nombre moyen de racines par explant, le pourcentage d'explants avec pousses, le nombre moyen de pousses par explant et le nombre moyen de feuilles par explant.

Le tableau 2 donne l'évolution de ces caractères sur le milieu 169.

L'analyse de variance (non rapportée) pour le nombre moyen de feuilles par explant à 58 jours met en évidence une interaction variétés x milieu.

Nous pouvons faire les observations suivantes :

1) Pourcentage d'explants enracinés : les trois variétés ont un bon enracinement sur le milieu N 30 K. Par contre leur enracinement diffère sur le milieu 169. Belep a un enracinement correct, tandis que Morokorou a un enracinement médiocre.

2) Nombre moyen de racines par explant : ce nombre de racines par explant évolue de façon analogue pour les 3 cultivars sur le milieu N 30K avec un léger avantage pour le cultivar Belep. Cet avantage, devient plus net sur le milieu 169, non pas à cause d'une amélioration du nombre de racines de Belep, mais à cause de la diminution du nombre de racines de Morokorou et INRA 5-20.

3) Pourcentage d'explants avec pousses : les trois variétés se comportent de façon assez semblable sur les deux milieux. Seul INRA 5-20 montre un retard.

4) Nombre de pousses par explant : les trois variétés diffèrent entre elles, mais conservent le même ordre sur les 2 milieux. Il est remarquable de constater que l'ordre Morokorou (*D. cayenensis rotundata*), Belep (*D. alata*) et INRA 5-20 (*D. trifida*) est exactement l'inverse de ce qu'il est en plantation normale au champ. En effet, au champ Morokorou ne donne qu'accidentellement deux tiges (l'agriculteur élimine une en général) tandis que INRA 5-20 donne plusieurs tiges.

4) Nombre de feuilles par explant : sur le milieu N 30K le nombre de feuilles des cultivars Morokorou et Belep évolue de manière semblable montrant une avance de ces deux cultivars sur INRA 5-20. Sur le milieu 169, le nombre de feuilles du cultivar INRA 5-20 montre toujours un retard, mais Morokorou montre ici une supériorité sur Belep.

Tableau 1 : Comportement de Morokou (M), Belep (B) et INRA 5.20 (I)
sur le milieu N 30 K

% d'ex- plants en- racinés	N jours cultivars cv	10	17	30	42	58
	M	-	70	86	6	86
	B	23	90	-	-	96
	I	45	54	94	97	100
Nbre de racines/ex- plant	M	-	1,23	3,05	4,4	6,73
	B	0,5	2,31	-	-	7,5
	I	1,10	1,27	3,97	4,72	5,7
% explants avec pousse	M	-	86	93	93	100
	B	73%	93%	-	-	100
	I	43	43	54	86	86
Nbre de pous- ses/explant	M	-	1,29	1,52	1,93	2,2
	B	0,81	1,09	-	-	1,81
	I	0,43	0,43	0,56	1,08	1,21
Nbre de feuilles/ explant	M	-	0,88	1,70	2,8	3,66
	B	0,86	0,90	-	-	3,72
	I	0,02	0,02	0,08	0,81	1,05

Tableau 2 : Comportement de Morokou (M), Belep (B) et INRA 5.20 (I) sur le milieu 169

% d'explants enracinés	N jours cultivars cv	10	17	30	42	58
	M	-	16	18	21	28
	B	28	61	-	-	100
	I	43	50	63	63	63
Nbre de ra- cines/ex- plant	M	-	0,6	1,11	1,86	3,35
	B	0,44	1,36	-	-	6,10
	I	0,73	0,9	1,94	2,27	2,94
% explant avec pousse	M	-	90	90	96	100
	B	59	82	-	-	98
	I	20	47	90	100	100
Nbre de pousses/ explant	M	-	1,65	1,88	2,50	3,38
	B	0,61	0,93	-	-	1,96
	I	0,2	0,47	0,94	1,22	1,33
Nbre de feuilles/ explant	M	-	1,80	2,37	4,34	7,40
	B	0,31	0,91	-	-	2,39
	I	0	0	0,11	1,11	1,44

Morokorou sur 169 donne la meilleure croissance avec 7,40 feuilles à 58 jours, suivi par Belep sur N 30K (3,77), tandis que le meilleur résultat de INRA 5-20 est obtenu sur 169 (1,44).

Evolution du nombre de tiges à la sortie de tube

A leur repiquage sur terreau en serre, les plantules continuent leur développement. Le phénomène qui s'observe c'est que les tiges qui existaient en tube n'auront presque jamais de croissance. Elles seront bloquées au stade 2, 3 ou 4 feuilles. Au niveau du complexe primaire qui est apparu à l'aisselle de la bouture initiale, de nouvelles tiges seront développées. Les tiges successives auront des entrenœuds initiaux plus longs, un diamètre plus grand, avec des feuilles plus larges. Chaque tige a une potentialité plus grande que sa précédente à donner des feuilles. Ce phénomène bien marqué chez *trifida* va aboutir, à la réapparition des feuilles trilobées en même temps que la morphologie volubile. La première feuille trilobée peut apparaître sur le premier noeud de la troisième tige, mais plus généralement sur les tiges 4 et 5. Si des feuilles trilobées apparaissent simultanément sur 2 tiges successives, la feuille trilobée de la tige la plus âgée apparaîtra à un rang plus élevé.

Le tableau 3 montre l'évolution du nombre de tiges pour les trois variétés après la sortie de tubes des plantules âgées de 75 jours.

On voit que Belep et INRA 5-20 montrent déjà en serre d'adaptation un nombre élevé de tiges. Le nombre de tiges de Morokorou a très peu évolué. Après le passage au champ les trois variétés subissent un stress qui se traduit ici par une diminution du nombre de tiges.

Les plantules de Morokorou ne vont jamais reprendre et vont se dessécher à partir de septembre. Au contraire, les plantules de Belep et de INRA 5-20 vont donner de nouvelles tiges de plus en plus grosses et longues portant de plus en plus de feuilles.

Production des vitroplantules au champ

Le tableau n°4 montre les productions de vitroplantules des 3 variétés. La production de Morokorou est faible à la fois pour le nombre de tubercules et le poids moyen par plante. Les tubercules sont tous petits.

La production de Belep est moyenne 653 g pour 169 contre 521 g pour N 30K. Cette production est de l'ordre des 2/3 de la production du témoin.

Tableau 3 : Evolution du nombre de tiges pour une sortie de tube
au 8/3/82 et un passage au champ du 29/7/82

DATES D'OBSERVATION		SERRE	CHAMP		
		21.5.82	29.7.82	9.09.82	21.1.83
BELEP	N 30K	3,16	3,08	-	4,88
	169	5,2	3,0	-	6,6
INRA 5.20	N 30K	4,92	4,0	4,42	6,57
	169	3,35	3,31	4,44	5,93
MOROKOROU		1,97	1,52	-	-

Tableau 4 : Production au champ de vitroplantules
Transplantation 4/6/82 avec ombrière

Origine		Nbre de plantes	Nbre moyen de tubercules par plante	Poids moyen par plante en g
INRA 5.20	N 30K	28	6	155,8
	169	15	6,8	168,3
BELEP	N 30K	4	4,25	521,25
	169	5	8,8	653
MOROKOROU	169 + ANA	30	1,6	9,88
BELEP tubercule témoin		20	1,3	904

Tableau 5 : Production comparée de vitroplantules et de fragments de tubercules au champ
Transplantation 6/6/83 sans ombrière

ORIGINE		NOMBRE DE PLANTES	POIDS MOYEN PAR PLANTE en g
INRA 5.20	169	18	872
INRA 5.20	Témoin	57	356
BELEP	16907	18	920
BELEP	Témoin	36	1 450
MOROKOROU	169	16	20
MOROKOROU	Témoin	32	1 409

Le tableau 5 montre un deuxième groupe de résultats au champ.

La production de Morokorou reste faible ; celle de Belep est assez bonne quoiqu'inférieure à la production du témoin.

La production des plantules de INRA 5-20 est assez bonne et est surtout supérieure à celle du témoin.

Discussion - CONCLUSION

Pour les deux milieux cités Morokorou a une production de pousses intéressante sur le milieu 169, cette production de pousses sur 169 est plus faible pour Belep et encore plus faible pour INRA 5-20 : tous les cultivars n'ont pas la même aptitude au bouturage in vitro. Par ailleurs nous avons pu observer qu'il existait des réponses modulées pour des cultivars d'une même espèce : Grosse caille et Morokorou pour *D. cayenensis rotundata* ; Belep et Haiti pour *D. alata* ; INRA 5-20 et Moengo 5 pour *D. trifida* (cf aussi DEGRAS, 1983).

2) Pour la plupart des milieux essayés, Morokorou donne la plus grande production de feuilles pour un temps donné. INRA 5-20 est capable de produire des nombres de feuilles équivalents pour des temps plus longs. Ainsi Morokorou apparait comme un cultivar plus précoce que INRA 5-20, ce qui est également vrai en plein champ ; il a ainsi le meilleur taux de multiplication potentielle. Si nous tenons aux résultats trouvés le potentiel annuel de plantules est de 164206 pour Morokorou, il ne serait que de 2871 pour Belep sur N 30K et de 8,91 pour INRA 5-20 sur 169.

Pour ces deux dernières variétés, on voit qu'il faut chercher d'autres types de milieux ou utiliser des explants indemnes de virose. D'autre part, pour INRA 5-20 il apparaît que le rythme de repiquage doit être de plus de 60 jours.

3) Après la sortie de tubes, nous assistons à un changement de comportement entre les 3 cultivars. Morokorou aura une évolution assez limitée tandis que Belep et INRA 5-20 auront une croissance et un développement importants.

Le nombre de tiges des vitroplants augmente à la manière des graminées (canne à sucre). Ce nombre de tiges est en relation avec la production (nombre et poids de tubercules). Cette croissance est peu connue chez l'igname et n'est pas utilisée : en plantation normale une plante d'igname donne peu de tiges et il n'y a pas de relation entre le nombre de tiges et le rendement total ce qui amène l'agriculture à supprimer les tiges jugées inutiles.

Cependant cette augmentation du nombre de tiges peut être observée chez *D. trifida* (particulièrement quand la semence est petite), chez les boutures horticoles de *D. alata* et également quand la semence utilisée est un tubercule âgé. Avec le petit tubercule de *D. trifida* ou la bouture horticole, nous retrouvons la notion de faible poids de la semence que compenserait un mode de croissance maximisant la production. Avec le tubercule âgé la relation pourrait être différente : la suppression de la dominance apicale est à l'origine du nombre élevé de tiges.

4) Au niveau de la production de tubercule, nous constatons, qu'en poids, Belep et INRA 5-20 peuvent donner des productions semblables aux témoins ; pour ce que nous avons montré de l'influence des dates de plantation (ARNOLIN, 1982), nous pouvons penser obtenir une très bonne production à partir des vitroplants, en plantant de façon précoce après avoir résolu les problèmes d'alimentation en eau.

D'après nos premiers résultats nous pensons qu'il est tout à fait possible de conduire la production de semences à partir de vitroplants. Seules les manipulations difficiles de ces plantules retarderont leur utilisation dans la production commerciale.

Pour Morokorou, il nous semble que le problème est dans l'induction précoce de sa tubérisation. Après 3 mois, la croissance de la plantule induite ralentit puis s'arrête. Nous montrerons par ailleurs le rôle positif d'un apport de lumière artificielle, mais le problème reste la sortie précoce de tube en l'absence de tout phénomène de stress.

La production de plants de *D. cayenensis-rotundata* doit pour le moment emprunter un chemin plus long en utilisant à nouveau les premiers petits tubercules pour la fabrication de plants.

5) Cette production de plantules in vitro non garanties indemnes de virus peut paraître critiquable. Cependant, le bénéfice de la propreté virale serait de courte durée, la recontamination virale se faisant dès les premiers mois de sortie (tout au moins pour *D. trifida*, BALAGNE, 1985). Par ailleurs certaines productions obtenues par INRA 5.20 font penser que le bouturage in vitro répété amène une amélioration de la qualité du plant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARNOLIN R. 1982. Cycle végétatif de l'igname *D. alata* cvs Tahiti et Belep : Influence des plantations échelonnées. Proceedings XVIIIth Annual Meeting CFCS Barbados pp. 146-169.
- BALAGNE M. 1985. Le microbouturage "in vitro" de l'igname Cousse-couche (*D. trifida*) en vue de son application pour la guérison des variétés atteintes de viroses. Thèse de 3è cycle. Univ. de Montpellier. 154 pp.
- CLAIRON M. et ZINSOU C. 1980. Etude des plantations échelonnées d'Igname *Dioscorea alata* cv. Lupias. Effet du vieillissement du tubercule sur la croissance et le développement de la plante. Séminaire international sur l'igname. Les colloques de l'INRA n° 2. L'igname pp. 125-141.
- DEGRAS L. 1983. Comportement différent de cultivars de *D. alata* et *D. trifida* en culture "in vitro". Regional Caribbean Workshop on Tropical Root Crops. Jamaica pp. 79-85.
- ESPIAND H. 1983. Conséquence de la culture "in vitro" sur la morphogénèse de boutures nodales de l'igname (*Dioscorea alata* L. cv "Tahiti"). Thèse de 3è cycle. Univ. Paris-Sud, Centre d'Orsay, 80 p.
- LACOINTE A. 1984. Quelques aspects du comportement d'une plante tubérifère tropicale (Igname) issue de culture "in vitro", en plantations échelonnées. Thèse de 3è cycle. Univ. de Clermont II.
- MANTELL S.H. et al. 1980. Apical meristem tip culture for eradication of flexuous rod viruses in yams (*Dioscorea alata*). CARDI. Tropical pest Management 26 (2) 170-179.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q. 1979. Disease free yams : their production, maintenance and performance. Project bulletin n° 2.
- MATHURIN P. 1985. Quelques aspects de la production d'igname à partir de plants issus de boutures de tige chez *D. cayensis* et *D. alata*. Ann. Univ. Abidjan série C tome XXI 23 pp.

- TROUSLOT M.F. 1983. Analyse de la croissance et de la morphogénèse de l'igname *Dioscorea* complexe *D. cayensis*-*D. rotundata*. Thèse d'Etat. Univ. Clermont-Ferrand II.
- VAUTOR A. 1976. Etude de la croissance et du développement de l'igname. Mémoire de fin d'études. ESITPA. INRA Guadeloupe.

ANNEXE 1

COMPOSITION DU MILIEU N 30K

a)	mg/l	c)	mg/l
KNO ₃	1 420	Fe SO ₄ , 7H ₂ O	27,8
NH ₄ NO ₃	480	Na ₂ EDTA	37,3
Ca (NO ₃) ₂ , 4H ₂ O	470	d)	
Mg SO ₄ , 7H ₂ O	250	Benzyl adenine	510 ⁻⁷ M
KH ₂ PO ₄	140	Acide indol butyrique	510 ⁻⁶ M
b)		Saccharose	30 g
Zn SO ₄ , 7H ₂ O	5	Agar	7 g
Mn Cl ₂	5	pH	5,5
H ₃ BO ₃	3		
Cu SO ₄ , 5H ₂ O	0,010		
Na ₂ Mo O ₄	0,050		
KI	0,010		

ANNEXE 2

COMPOSITION DU MILIEU 169 de C. MARTIN (communication personnelle) :

	mg/l		mg/l	
NH ₄ NO ₃	1650	KI	0,83	Acide nicotinique 1
KNO ₃	1900	Na ₂ MoO ₄ , 2H ₂ O	0,25	Pyridoxine 1
Ca Cl ₂ , 2H ₂ O	440	CuSO ₄ , 5H ₂ O	0,025	Panthothénate de 1
Mg SO ₄ , 7H ₂ O	370	CoCl ₂ , 6H ₂ O	0,025	calcium
KH ₂ PO ₄	170	Fe SO ₄ , 7H ₂ O	27,8	Mycinositol 100
H ₃ BO ₃	6,2	Na ₂ EDTA	37,3	L. Glutamine 200
Mn SO ₄ , 4H ₂ O	22,3	Biotine	0,01	Benzyl adénine 10 ⁻⁶ M
Zn SO ₄ , 4H ₂ O	8,6	Thiamine	1	Saccharose 30g/l
				Agar 7g/l
				pH 5,6

EFFECTS OF AMMONIUM SULPHATE AND UREA ON THE SPROUTING
OF WHITE YAM (DIOSCOREA ROTUNDATA POIR)

*(Effet du sulfate d'ammoniaque et de l'urée sur la germination de
l'igname blanche (Dioscorea rotundata Poir)*

AMEYAW C.E.G. ; ALVAREZ M.N. ; DOKU E.V. and HAHN S.K.

IITA/ISAR
B.P. 138 Pabona
BUTARE, PWANDA

SUMMARY

The effects of ammonium sulfate and urea on the sprouting of 6g setts called "microsetts", derived from head, middle and tail regions of the tuber are discussed. Ammonium sulfate was more effective in boosting sprouting at 3 weeks after planting (WAP), irrespective of tuber portion. The results suggest a strong coupling of sulfate and nitrogen action. The interaction of sulfate, nitrogen and ethylene-generating sources is postulated to be one of the major regulatory factors of sprouting in white yams.

RESUME

Les effets du sulfate d'ammoniaque et de l'urée sur la germination de fragments de 6 g appelés "microsetts" et issus de tête, milieu et queue du tubercule, sont discutés. Le sulfate d'ammoniaque a été le plus efficace en provoquant la germination trois semaines après plantation, indépendamment de l'origine du fragment. Les résultats suggèrent une forte association de l'action du sulfate et de l'azote. L'interaction du sulfate, de l'azote et des sources génératrices d'éthylène est admise comme l'un des facteurs majeurs de régulation de la germination des ignames blanches.

INTRODUCTION

The lack of good, inexpensive planting material is the major contributing factor to the gradual recession in yam production over the years. The edible yam is vegetatively propagated by means of small, whole tubers of size range 300 - 1000 g, called "seed yam" or pieces of tubers known as "setts" (COURSEY and BOOTH, 1977). It is from these that farmers grow the large marketable ware yams.

Farmers, traditionally, produce their own seed by undertaking double-harvesting or planting small setts (70 - 100 g) at close spacing known as the "Anambra system in Eastern Nigeria" (OKONMAH, 1980). the former technique is laborious requiring a lot of skill, whilst the latter is flexible and is within the scope of the smallholder farmer.

Research efforts aimed at evolving a better multiplication system have resulted in the miniset (OKOLI et al., 1982) and microsett techniques (ALVAREZ and HAHN, 1984). These are further improvements of the "Anambra system", involving the use of 2-5 and 2-10 g sett sizes respectively, with accompanying higher multiplication ratios of 1 : 10 and 1 : 60 respectively derivable from tuber sizes of 300-500 g.

The mini - and microsett techniques are by all standards the most practicable.

The upper-size range of the microsetts, 5-10 g, produced a mean tuber size of 163 g (AMEYAW, unpublished). The minimum seed yam size required to produce a ware yam is 200 g (Technology Transfer St., Annual Report, Dec. 1984). although only 18.0 per cent of the total numbers of tubers produced by the 5-10 g microsetts were over 200 g (AMEYAW, unpublished), the remaining 82.0 per cent had an average size of 119 g. the latter could be planted the following season to obtain medium-sized, less bulky ware yams of sizes 1000 g or more.

The potential, therefore, of the microsett technology in revitalizing yam production, cannot be overemphasized.

However, the major bottleneck in the development of the microsett technique of white yam seed yam production is the rather slow and uneven sprouting of the setts in the nursery. This situation is largely attributable to the small sett sizes involved compounded by their differential physiological age as regards the head, middle and tail regions of the tuber. The latter, according to ONWUEME (1984), is divisible into a proximal head, a distal tail and an intervening middle portion with the head dominating over the lower regions with regard to sprouting.

The need to explore possibilities of circumventing the slow sprouting constraint of the microsetts and stimulate their sprouting in the nursery as a basis for uniform field establishment became evident.

KEFELI and KADYROV (1971) reasserted the role of phytohormones in controlling growth and developmental processes along with natural inhibitors. WITTWER and BUKOVAC (1958) reported that gibberellin application promoted early and uniform sprouting of Katahdin potatoes. Furthermore, JARRET et al. (1980) working on Irish potato, reported that exogenous gibberellic acid levels of 0.3 - 1.0 ppm were optimal for shoot initiation on tuber explants.

However, most of the phytohormones are expensive and water insoluble. Their handling is therefore cumbersome for the farmer.

ADDICOT (1968) cited by CRANE (1971) reported that soluble nutrients serve as substrates for hormone biosynthesis and this was reiterated by MARSCHENER (1982) who asserted that endogenous phytohormone levels can be indirectly modulated by mineral nutrition.

Many thiourea and urea derivatives are known to possess cytokinin activity (BRUCE et al., 1965, cited by THOMAS, 1979). Thiourea (SAMARAWIRA, 1983) and thiourea-chlorethanol combinations (GIBES and ADSUAR, 1966) have been reported to stimulate yam sprouting.

In the light of the above, studies were initiated at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) to investigate the effects of mineral nutrition on the promotion of uniform sprouting of white yam microsetts.

MATERIALS AND METHODS

300-500 g tubers of the white yam variety, TDr 131, which have been in the traditional yam barn storage for 28 weeks after harvest were divided into three portions ; head, middle and tail. The heads refer to the upper 1/3 portion proximal to the corm, the distal 1/3 being the tail, whilst the intervening portion was considered as the middle.

6 g microsett sizes were derived from each of these portions and separately soaked in 5, 10, 50 and 100 ppm solutions of urea - inorganic source nitrogen and ammonium sulfate - inorganic source nitrogen and sulphur, respectively for one hour.

The microsetts were then treated with a suspension of wood ash, Aldrex "T" and Demosan (Chloroneb) at a rate of 24 g Demosan, 6 g (2 sachets) Aldrex "T" and about three-quarters, 1 litre cup full of wood ash in four litres of

water. The Aldrex "T" is not very soluble in water, and thus it was first mixed with the ash, whereby the latter served as a carrier. The microsetts were soaked in this suspension for 2-3 minutes.

They were then presprouted in moist sawdust using containerized polystyrene trays in a 3 x 5 mixed factorial experiment, laid out as a completely randomized design, with three replications. There were 20 microsetts per treatment combination. The urea ammonium sulfate (NH_4SO_4) were handled separately.

The experiment was carried out in a propagation nursery (house).

At three weeks after planting (WAP) counts were made of the differentiated and undifferentiated plantlets.

The differentiated plantlets are those that formed visible shoots and are of 3 categories depending on the stage of development of the shoot : the recently formed ones which are still within the rooting medium and are whitish in appearance ; those that have emerged out of the rooting medium, and are green but leafless ; and finally, those that have emerged out of the rooting medium and have already elaborated leaves. The undifferentiated plantlets are those showing whitish, callus-like peridermal cracks. At 3 WAP in the nursery, the differentiated plantlets that are usually observed are all of the recently formed shoot types, that are still submerged within the rooting medium. Furthermore, the undifferentiated plantlets tend to predominate at this time. The counts were expressed in percentage (%).

RESULTS

Generally, percent sprouting (differentiated and undifferentiated plantlets) increased with increasing concentration for both NH_4SO_4 and Urea (Figure 1). However, NH_4SO_4 was consistently better than urea.

The response to NH_4SO_4 (figure 1) peaked at 5 ppm leading to a 10 per cent increase over the control ; this was, however, statistically insignificant. The response to Urea peaked at 10 ppm resulting in an insignificant superiority of 17.4 per cent over the control.

The tuber portion - nutrient interactions elicited easily discernible trends (Figures 2 and 3). Sprouting generally increased with increasing concentration of NH_4SO_4 , with respect to only the tail-derived microsetts, resulting in 23.3 per cent greater response than the control (Figure 2). The middle-region derived microsetts marginally responded to the nutrient application at 10 ppm and then declined in response with increasing concentration.

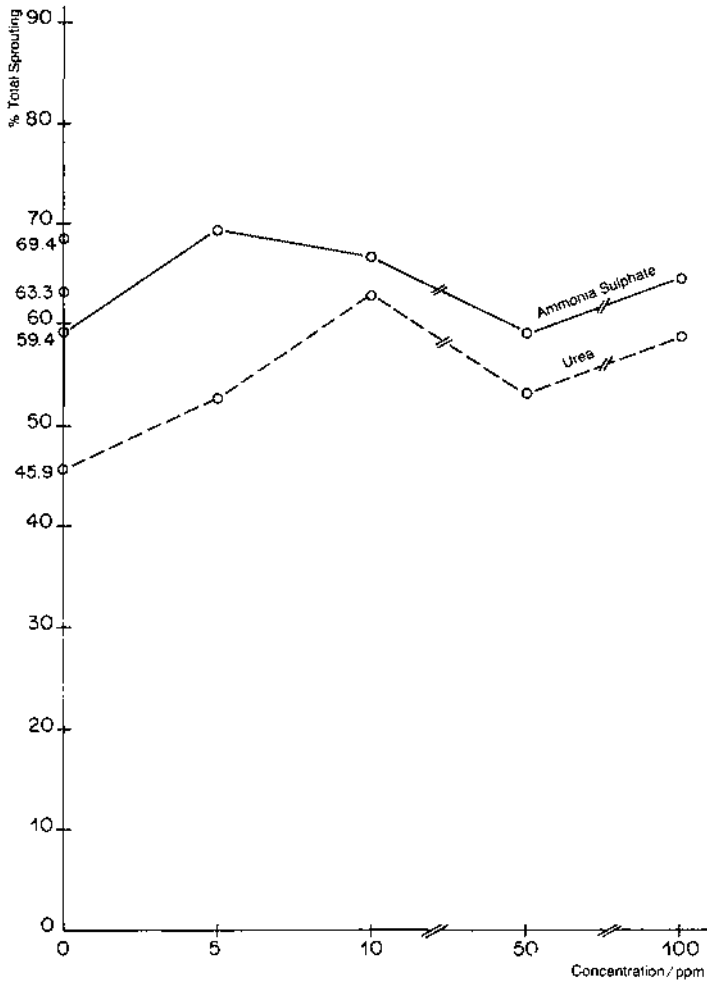
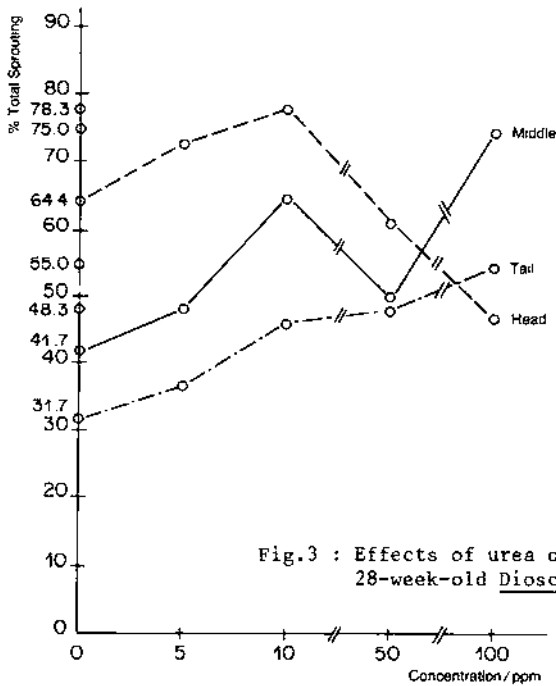
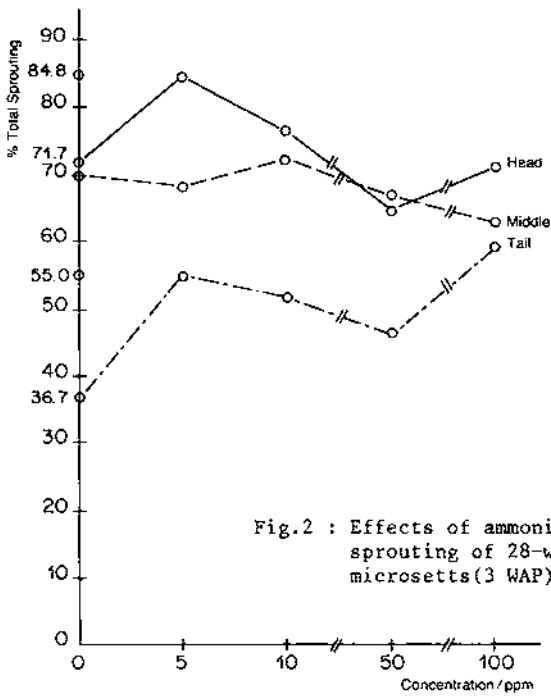


Fig.1 : Effects of nutrition on the earliness of sprouting of 28-week-old *Dioscorea rotundata* microsetts (3 WAP)



The head-region microsetts peaked at 5 ppm resulting in a net, but insignificant response of 13.1 per cent compared to the control.

In the case of Urea, sprouting generally increased with concentration with regard to the middle - and tail-derived setts ; the former was 33.3 per cent better than the control, although this was also statistically insignificant, whilst the latter was 23.3 per cent better. The head-region setts increased with concentration up to 10 ppm, producing a net sprouting of 13.9 per cent and then declined in response thereafter.

DISCUSSION

Although, all these stated differences in response in relation to the control were not statistically significant, they are worth considering in view of the rather immense tuber heterogeneity - differences in times of shoot emergence in the field, and hence crop duration prior to harvest, micro-climatic differences in storage and so on as well as the intra-clonal variation that is characteristic of the yams (DEGRAS, 1977).

The consistent superiority of NH_4SO_4 over Urea (Figure 1) denotes a strong synergism between sulfur and nitrogen, in the sprouting of the yams. Such an interaction has been reported by LORENZ et al. (1954) cited by BEATON (1966) for potato in which higher tuber yields were realized with ammonium sulfate than with calcium nitrate, sodium nitrate, urea and ammonium nitrate.

The differential responses of the setts to the nutrients in terms of their tuber origin may be understood in the light of their metabolic conditions, as regards carbohydrate mobilization.

According to GOODWIN and MERCER (1983) sprouting of vegetatively propagated structures involves the conversion of storage reserves into monosaccharides which are used in sucrose synthesis. The sucrose thus formed is then transferred to the meristematic regions and used in the growth processes. HAWKER et al. (1979) reported that the supply of sugars may be a factor controlling growth rate and other metabolic activities. It is therefore possible that the sulfate interacts with nitrogen to effect its physiological in this instance only in the presence of adequate carbon-skeletons provided by sucrose mobilization. This fact is illustrated by the fact that with the tail-derived setts, increasing concentrations of both NH_4SO_4 and Urea (Figures 2 and 3) resulted in the same net sprouting value of 23.3 per cent at 100 ppm. This means that there was no interaction between the nitrogen and the sulfate in NH_4SO_4 in boosting sprouting. This may probably be due to the fact that the tail-derived setts being physiologically the youngest, may not contain

enough sucrose to serve as substrates for the enzymatic processes involved in shoot formation. Thus, increasing the nitrogen concentration in the tail-derived setts merely lead to increasing rates of protein synthesis, probably enzyme biosynthesis, which then would accelerate the carbohydrate mobilization processes. It appears therefore that nitrogen concentrations greater than 100 ppm may be effective on the tail-derived setts.

The middle - derived setts showed similar but better response trends to the Urea treatments than the former were physiologically older, and therefore their sucrose levels might have been higher (Figure 3). The trends elicited by the middle - derived setts in response to the ammonium sulfate treatments were less remarkable (Figure 2).

The head-derived setts under the urea treatments might have been mobilizing their reserves at a faster rate, being physiologically the oldest, and hence increasing the urea levels beyond 100 ppm might have resulted in either supra-optimal concentrations in the tissues or the accumulation of certain intermediates of nitrogen metabolism, whereby a non-competitive feedback inhibition mechanism might have set in and hence depressed sprouting (Figure 3).

The synergistic nature of sulphate and nitrogen metabolism, is illustrated with respect of the head-derived setts and NH_4SO_4 (Figure 2), whereby only 5 ppm, was enough to boost sprouting by 13.3 per cent, whilst it took a higher concentration of 10 ppm Urea to obtain a net sproutin of 13.9 per cent (Figure 3) for the same head-derived setts, assuming the same rates of carbohydrate mobilization.

Furthermore, one of the end-products of sulphate metabolism is ethylene (ADAMS and YANG, 1979) and the highest rates of ethylene biosynthesis occur in meristematic and nodal tissue in etiolated pea seedlings (ABELES, 1973).

Hence at 5 ppm NH_4SO_4 concentration (Figure 2), the sulfate radical in the latter might have probably interacted with the ammonium to effect ethylene release that might have boosted the sprouting of yams.

The time of the nutrient application must be given critical consideration. It may be more effective when applied during the dormancy period using whole tubers, when metabolic activity is suppressed than when the dormancy period is over, and they are actively mobilizing their internal storage reserves.

Despite the trends observed in Figures 2 and 3 both chemicals could not disrupt the proximal superiority in the sprouting of the setts derived from the head region over those from the distal regions. This situation may be circumvented by cutting of the distal 1/3 end of the dormant tuber, or tail, prior to the chemical treatment and handling it separa-

tely. When the dormancy is over the tails sprout on their own. Care should, however, be taken to treat the cut-surface with wood ash - fungicide mixture to forestal dry rot, and they should be also sprayed regularly to prevent infestation of the wound - periderm by insect-pest.

CONCLUSIONS

Nitrogen might be a very important element in the regulation of the inductive phase of callus development in yam sprouting, and it interacts very strongly with sulphur in this process. It is very probable that ethylene is one of the phytohormonal endproducts of this interaction that accelerate the sprouting process.

Any effort to chemical boost sprouting of white yam must take into consideration the interaction of sulfur, nitrogen and ethylene - generating sources.

The ideal stage of chemical application in this context might be the dormancy period, using whole tubers. The distal, one-third portions of the latter, should be cut and treated separately.

LITERATURE CITED

- ABELES, F.B. 1973. Ethylene in Plant Biology. Academic Press, New York and London, 302 p.
- ADAMS, M.O. and YAN, S.F. 1979. Ethylene biosynthesis : Identification of 1-aminocyclopropate-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. Proceedings National Academy of Science, U.S.A. vol. 76, No.1 : 170-174.
- AITCHISON, P.A., MADEOD, A.J.. and YEOMAN, M.M. 1973. Growth patterns in tissue cultures. In : Plant Tissue Culture and Cell Culture. Ed. H.E. Street. Botanical monographs vol. II, 2nd Edition , Blackwell Scientific Publications, p. 267-289.
- ALVAREZ, M.N. and HAHN, S.K. 1984. Seed yam production. In : Tropical Root Crops. Production and Uses in Africa. Proceedings of the Second Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops-Africa Branch. Douala, Cameroon, 14-19 August 1983. Eds : E.R. Terry, Doku, E.V., Arene, O.B. and Mahungu, N.M. p. 129-132.
- BEATON, J.D. 1966. Sulfur requirements of cereals, tree crops, vegetables and other crops. Soil Science 101 (4) 267-282.
- CIBES, H.R. and ADSUAR, J. 1966. Effects of chlorethano and thiourea on the germination and relative yield of the yam

- (*Dioscorea alata* L.). J. Agric. Univ. Puerto-Rico 50 : 201-208.
- COURSEY, C.G. and BOOTH, R.H. 1977. Root and tuber crops. In : Food Crops of the Lowland Tropics. Eds. C.L.A. Leakey and J.B. Wills. Oxford Univ. Press. p. 75-100.
- CRANE, J.L. 1971. The correlative effect of competition on abscission in aprico and pistachio. HortScience 6 (4) 382-385.
- DEGRAS L. 1977. Vegetative and sexual management in food yam improvement. In : Proceedings of the Fourth International Symposium of the International Society for tropical Root Crops. CIAT, Cali, Colombia. 1-7 August 1975. Eds. James Cock, Reginald MacIntyre, and Michael Graham. p. 58-62.
- GOODWIN, T.W. and MERCER, E.I. 1983. Introduction to plant biochemistry. 2nd Edition, Pergamon Press. Oxford, New-York, Toronto, Sydney. 677 p.
- HAWKER, J.S., MARSCHNER, H. and KRAUSS, K. 1979. Starch synthesis in developing potato tubers. Physiol. Plant. 46 : 25-30.
- JARRET, R.L., HASEGAWA, P.M., and ERICKSON H.T. 1980. Factors affecting shoot initiation from tuber discs of potato (*Solanum tuberosum*). Physiol. Plant. 49 : 177-184.
- KEFELI, V.I. and KADYROV, C.S. 1971. Natural growth inhibitors. Their chemical and physiological properties. Ann. Rev. Plant Physiol. 22 : 185-196.
- MARSCHNER, H. 1982. Effects of mineral nutrition on phytohormone balance in plants. In : Plant Nutrition. Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium. vol. 1. Warwick University, England, August 22-27. 1982. Ed. Scaife, A. p. 354-358.
- ONWUEME, I.C. 1984. Yam. In : The Physiology of Tropical Field Crops. Eds. P.R. Goldsworthy and Fisher, N.M. p. 569-588. John Wiley and Sons Ltd.
- OKOLI, O.O., IGBOKWE, M.C., ENE, L.S.O. and NWOKOYE, J.U. 1982. Rapid multiplication of yam by minisett technique. National Root Crops Research Institute, Umudike, Nigeria. Research Bulletin 2 : 1-12.
- OKONMAH, L.U. 1980. Rapid multiplication of yams. International Institute of Tropical Agriculture, Manual Series No. 5 21 p.
- SAMARAWIRA, I. 1983. Effect of thiourea treatments on the induction and development of buds in white yam (*Dioscorea rotundata*, Poir) tubers. Trop. Agric. (Trinidad) 60 (2) : 128-130.

Technology Transfer Station (1984). Annual Report. Ubiaja, Nigeria.

THOMAS, T.H. 1977. Cytokinins, cytokinin-active compounds and seed germination. In : The Physiology of Seed Dormancy and Germination. A.A. Khan (ed). p. 111-144. Elsevier, North-Holland, Biomedical Press.

WITTWER, S.H. and BUKOVAC, M.J. 1958. The effects of gibberellic on Economic crops. Economic Botany. 12 (3) : 213-255.

CALLOGENESE ET NEOFORMATION CHEZ DEUX ESPECES DE DIOSCOREA COMESTIBLES : *D. ALATA* ET *D. TRIFIDA*

(*Callus formation and neoformation with two edible
Dioscorea species : D. alata and D. trifida*)

A. FAUTRET, P. DUBLIN et P. CHAGVARDIEFF

IRAT/CIRAD

B.P. 5035

Avenue du Val de Montferrand
34032 MONTPELLIER CEDEX FRANCE

RESUME La création d'une diversité génétique est nécessaire pour l'amélioration variétale des ignames. La sélection par hybridation est limitée par l'irrégularité ou même l'absence de fructification des clones cultivés. La régénération de cals permettait de contourner les difficultés rencontrées soit directement par production de variants d'intérêt agronomique, soit en fournissant du matériel de base apte à régénérer dans un programme d'hybridation somatique. Le but de ce travail est d'obtenir les conditions optimales de régénération des cals chez *Dioscorea alata* et *D. trifida*. Divers types d'explants prélevés sur des vitroplants en collection ont été étudiés pour leur aptitude à la callogénèse et à la néoformation. On s'est orienté vers le pétiole de jeune feuille. Des milieux de callogénèse, d'entretien des cals et de néoformation de tige ont été mis au point sur *D. alata*. Chez *D. trifida* des milieux de callogénèse et d'entretien des cals ont été mis au point mais aucune néoformation de tige n'a été obtenue. Cependant le développement de l'appareil végétatif et des cals de *D. trifida* étant beaucoup plus lent que celui de *D. alata*, il est possible que les délais de néoformation soient également plus longs. L'étude cytologique des néoformations à partir de cal montre que leur origine est pluricellulaire.

SUMMARY

Creation of genetic diversity is necessary for varietal improvement of yams. Selection by breeding is limited by irregularity and even non fructification of cultivated clones. Plantlets regeneration from callus would permit to get around encountered difficulties, either directly by production of agronomic variants, or in furnishing basic material able to regenerate in a somatic breeding program. The purpose of this work is to obtain optima conditions for regeneration from callus of *Dioscorea alata* and *D. trifida*.

Different kind of explants from vitroplants in collection have been studied for callus and neoformation aptitud. We were conducted to choose young leaf petiole.

Media for callus initiation callus maintaining, and shoot neoformation were defined for *D. alata*. With *D. trifida* media for callus initiation and callus maintaining were defined, but no shoot neoformation was obtained.

Mainwhile vegetative apparatus and calli development of *D. trifida* are slower than those of *D. alata*, it is possible that the neoformation delays must be also longer. Cytological study of neoformations shows a pluri cellular origin.

INTRODUCTION

L'amélioration variétale des ignames comestibles est limité par la très faible fécondité de ces espèces. Chez *D. alata*, la stérilité est presque totale (J.S. JOS et K. VIJAYA BAI, 1980 - IITA Annual Report 1979 et 1980). Cependant, les ignames qui ont été sélectionnés au cours des siècles dans un type de culture traditionnel doivent être considérablement modifiées pour s'adapter aux exigences d'une agriculture moderne mécanisée. La culture de tissus peut permettre d'obtenir une variabilité génétique ou épigénétique sans faire intervenir la reproduction sexuée.

L'objectif de ce travail est la mise en évidence de la capacité d'organogenèse chez *D. alata* et *D. trifida*. Chez de nombreuses espèces, les plantes néoformées à partir de cal présentent des variations somaclonales ; chez le maïs, la canne à sucre, le riz, la Pomme de Terre, la tomate, etc..., on a recherché et obtenu des variants présentant un intérêt agronomique (LARKIN et SCOWCROFT, 1981 ; SHEPARD et al., 1980 ; BRANCHARD, 1984). On peut espérer voir apparaître les mêmes types de variants chez l'igname. Les caractères que l'on cherche à améliorer et qui, chez d'autres espèces, ont présenté des variations intéressantes, sont :

1) La résistance à l'antracnose ; l'antracnose due à *Colletotrichum gloesporioides* est une des principales maladies foliaires qui affecte l'igname et plus particulièrement *D. alata* (BAUDIN, 1976 ; WINCH et al., 1984). Le mode d'action des *Colletotrichum* chez l'igname n'a pas été étudié, mais certains *Colletotrichum*, tels *C. lagenarium* produisent des toxines.

2) L'architecture de la plante ; c'est une liane qui doit être tuteurée. Le tuteurage est coûteux et gêne la mécanisation des sarclages et de la récolte ; son absence aggrave l'antracnose et réduit les rendements (IITA Annual Report 1980). Il serait possible d'obtenir des variants à port plus compact.

3) Adaptation des tubercules à la mécanisation ; les tubercules d'igname présentent une grande hétérogénéité en taille et en forme. De plus, ils sont cassants et ont un épiderme fragile (VANDEVENNE et TOURTZEVITCH, 1977). On recherche des tubercules plus homogènes et moins fragiles.

4) Restauration de l'aptitude à la floraison : la plupart des ignames sont florifères et se reproduisent par graine. Il n'y a que quelques espèces alimentaires qui présentent des problèmes de fructification dans le genre *Dioscorea*. La perte de fertilité chez les espèces comestibles serait une conséquence de la domestication (COURSEY, 1976). Or des cycles successifs de callogenèse et régénération entraînent un rajeunissement de la plante et une régression vers des mécanismes ancestraux ou sauvages. On peut donc espérer atteindre un seuil où réapparaîtrait la floraison (DEMARLY, communication personnelle).

MATERIEL ET METHODES

Les explants ont été prélevés sur des vitroplants de *Dioscorea alata* cvs Brazo Fuerte et Florido et *D. trifida* cvs Moengo V et INRA 5.20, maintenus en tube à 25° avec une photopériode de 12 heures.

La callogenèse et l'entretien des cals ont lieu en petites boîtes de pétri placées à 27° à l'obscurité. La callogenèse dure 30 à 40 jours. Les cals sont ensuite repiqués tous les 30 jours.

Les régénérations ont lieu en petites boîtes de pétri à 27° mais à la lumière pour éviter l'étiollement des pousses néoformées. La lumière est fournie par des tubes néons blancs. La photopériode est de 12 heures, l'intensité lumineuse de 20 E.m.s. Les explants en régénération sont repiqués tous les 60 jours.

Le pourcentage de néoformation qui est évalué dans ces expériences correspond au nombre de cals ayant donné au moins une tige. Ces tiges sont coupées et transplantées en tube sur un milieu de microbouturage où elles se développent et s'enracinent. Les cals qui ont commencé à produire une tige continuent à en produire d'autres après ablation de la première pousse.

Pour l'initiation, l'entretien et la régénération des cals, nous avons employé un milieu de base (MB) constitué des macroéléments et des microéléments de Murashige et Skoog (MURASHIGE et SKOOG, 1962), de 0,1 mM de Fer EDTA, des vitamines de Morel (MOREL, 1948) et de différentes concentrations d'hormones et de sucre. Pour le microbouturage des vitroplants, nous utilisons le même milieu de base avec 50 g/l de saccharose. Le milieu est solidifié avec HCl ou NaOH avant autoclavage. Le milieu est autoclavé 20 minutes à 110°.

Chaque expérience contient 25 explants par traitement et 2 répétitions. Afin de préciser le milieu optimal de callogenèse, nous avons employé un plan centré composé qui permet d'étudier plusieurs facteurs à la fois, en limitant le nombre de combinaisons à tester par rapport à un plan factoriel complet (BOX et WILSON, 1951 ; SAUVAIRE et GALZY, 1980).

RESULTATS

Choix de l'explant initial

Nous avons testé différents explants prélevés sur des vitroplants : noeuds, rondelles de bulbilles entières et de bulbilles débarrassées de la couche méristématique sous-épidermique, racine, entrenoeuds et divers fragments de feuilles (limbe sans le départ des nervures - départ des nervures et pulvinus distal - fragment de pétiole entre les deux pulvinus - pulvinus proximal). Ces explants ont été placés 30 jours sur milieu de callogenèse (MB + 2,4D 5 mg/l + Kin 1 mg/l + sacch. 40 g/l) puis transféré sur milieu d'organogenèse (MB + 2,4D 5 mg/l + Kin 1 mg/l + sacch. 40 g/l) puis transféré sur milieu d'organogenèse (MB + AIB 0,5 mg/l + BAP 2 mg/l + sacch. 30 g/l).

Les explants qui donnent les meilleurs pourcentages de callogenèse et d'organogenèse ultérieure sont les noeuds et les microbulbilles (Tableau 1). Ces explants contiennent des méristèmes. Même les microbulbilles débarrassées de la partie corticale peuvent contenir des flots méristématiques diffus. Ces résultats rejoignent les données de la littérature où les explants retenus pour la callogenèse et l'organogenèse ultérieure ont été les tubercules (SINGH, 1978 ; KOUASSI et al., 1984), les bulbilles (ASOKAN et al., 1983), les noeuds (DATTA, 1981), les embryons et les fragments de plantules en germination (AMMIRATO, 1984 ; GREWAL et ATAL, 1975 ; MASCARENHAS et al., 1976). Parmi les explants sans méristèmes qui ont donné des néoformations après callogenèse, nous avons trouvé le pulvinus proximal et l'ensemble pulvinus distal et départ des nervures. Nous avons écarté le pulvinus proximal qui est situé au-dessous du méristème axillaire et qui pourrait contenir des prolongements méristématiques.

Nous avons donc choisi pour cette étude l'ensemble pulvinus distal + fragment de limbe contenant le départ des nervures. Cet explant ne contient ni méristème primaire ni méristème secondaire (ESPIAND, 1983). Une étude cytologique montre que le cal se développe à partir des cellules accompagnatrices des vaisseaux. Nous avons appelé cet explant pétiole P1 lorsqu'il s'agissait de la feuille terminale et pétiole P2 lorsqu'il s'agissait de la feuille subterminale. Les résultats (Tableau 1) ne montrent pas de différence significative entre la feuille terminale et la feuille subterminale.

**TABEAU 1 / APTITUDE A LA CALLOGENESE ET A LA NEOFORMATION DE DIVERS EXPLANTS
PRELEVES SUR DES VITROPLANTS DE DIOSCOREA ALATA CV BRAZO FUERTE.**

Explant	Niveau de prélèvement sur le vitroplant	% de callogénèse sur milieu MB + 2,4DS + Kinl + sac40	% de cal ayant formé une tige sur le milieu MB + AIB 0,5 + BAP2 + sac 30 après 90 jours
Limbe sans le départ des nervures	feuille terminale subterminale	90 % 96 %	0 % 0 %
Départ des nervures	Feuille terminale subterminale	84 % 78 %	4 % 4 %
Fragment de pétiole entre les 2 pulvinus	Feuille terminale subterminale	10 % 2 %	0 % 0 %
Pulvinus proximal	Feuille terminale subterminale	94 % 92 %	4 % 6 %
Entrenoeud	terminal subterminal	24 % 14 %	0 % 0 %
Racine		5 %	0 %
Microbulbilles non épilochées		86 %	34 %
Microbulbilles dont le cortex a été ôté		90 %	16 %
Noeuds	terminal subterminal	86 % 84 %	50 % 46 %

TABLEAU II / INFLUENCE DE DIVERSES AUXINES SUR LE % DE CALLOGENESE DE PETIOLE PI DE
D. ALATA (APRES 30 JOURS) ET DE D. TRIFIDA CV MOENGO V ET INRA 5.20
(APRES 50 JOURS) ET SUR LE % DE NEOFORMATION APRES 5 MOIS.

ESPECE	D. alata		D. trifida	
CULTIVAR		Brazo Fuerte	Moengo V	INRA 5.20
2,4D $10^{-5}M$ kin $5.10^{-6}M$	Cal Reg	68 % 4 %	40 % 0	35 % 0
2,4D $10^{-5}M$ BAP $5.10^{-6}M$	Cal Reg	40 % 0	40 % 0	35 % 0
3,4D $10^{-5}M$ kin $5.10^{-6}M$	Cal Reg	36 % 0	8 % 0	4 % 0
3,4D $10^{-5}M$ BAP $5.10^{-6}M$	Cal Reg	8 % 0	10 % 0	4 % 0
Pi $10^{-5}M$ Kin $5.10^{-6}M$	Cal Reg	64 % 0	35 % 0	35 % 0
Pi 10^{-5} BAP $5.10^{-6}M$	Cal Reg	24 % 0	25 % 0	20 % 0
a 2,4,5T $10^{-5}M$ kin $5.10^{-6}M$	Cal Reg	80 % 6 %	10 % 0	10 % 0
a 2,4,5T $10^{-5}M$ BAP $5.10^{-6}M$	Cal Reg	16 % 0	10 % 0	10 % 0
MCPA $10^{-5}M$ kin $5.10^{-6}M$	Cal Reg	84 % 0	30 % 0	35 % 0
MCPA $10^{-5}M$ BAP $5.10^{-6}M$	Cal Reg	20 % 0	35 % 0	30 % 0
ANA $10^{-5}M$ kin $5.10^{-6}M$	Cal Reg	24 % 2 %	15 % 0	10 % 0
ANA $10^{-5}M$ BAP $5.10^{-6}M$	Cal Reg	16 % 2 %	25 % 0	10 % 0

Choix du type d'auxine et de cytokinine pour la callogenèse

Nous avons recherché un milieu qui permette la callogenèse sans inhiber totalement les possibilités de néoformations ultérieures. Nous avons testé sur le milieu de base additionné de 40 g/l de saccharose diverses auxines à la concentration de 10 M en association avec la kinétine (Kn) ou la 6 Benzyl aminopurine (BAP) à la concentration de 5.10 M. Les auxines testées sont l'acide 2,4 dichlorophenoxyacétique (2,4D, l'acide 3,4 dichlorophenoxyacétique (3,4D), l'acide 2,4,5 trichlorophénoxypropionique (2,4,5 T), l'acide naphthalène acétique (ANA), l'acide 4-amino 3,5,6 trichloropicolinique (picloram). Les cals ainsi formés ont été placés sur un milieu de différenciation (MB + 30 g/l de saccharose + 0,5 mg/l d'AIB + 2 mg/l de BAP).

Chez *D. alata* cv Brazo Fuerte, le pourcentage de callogenèse est significativement plus élevé en présence de kinétine qu'en présence de BAP (Tableau 2). Les auxines les plus efficaces pour la callogenèse sont le 2,4D, l' 2,4,5T, le MCPA et le picloram. Le 2,4D et l' 2,4,5T assurent une bonne callogenèse sans inhiber totalement les possibilités de néoformation. Le picloram produit des cals volumineux qui continuent à se développer sur un milieu d'organogénèse.

Chez *D. trifida* aucune néoformation de tige n'a été observée. Environ 10 pour cent des cals ont formé des racines sur milieu d'organogénèse. Les auxines les plus efficaces pour la callogenèse sont le picloram, le 2,4D et l' 2,4,5T. Il ne semble pas y avoir de différence significative entre les deux cytokinines.

Afin de préciser l'action des différentes auxines sur la callogenèse, nous avons étudié sur *D. alata* cv Brazo Fuerte une gamme de concentration (de 0 à 9 mg/l) de 2,4D, d'ANA et d' 2,4,5T en association avec 1 mg/l de kinétine et 40 mg/l de saccharose. Les résultats (figure 1) montrent que le meilleur pourcentage de callogenèse est obtenu avec le 2,4D (à partir de 3 mg/l). Nous avons donc choisi d'utiliser cette auxine pour la callogenèse et l'entretien des cals.

Choix d'un milieu optimal pour la callogenèse

Nous avons testé différentes concentrations de 2,4D, de kinétine et de sucre sur *D. alata* cv Brazo Fuerte. Afin de préciser les interactions entre les différents facteurs de croissance, nous avons analysé ceux-ci selon un plan centré composé. Les résultats sont donnés dans les figures 2, 3, 4, 5. Le milieu optimum pour la callogenèse est le milieu de base additionné de 40 g/l de saccharose, 5 mg/l de 2,4D et 1 mg/l de kinétine. Les doses utilisées pour induire la callogenèse sur divers organes chez les autres *Dioscoreae*

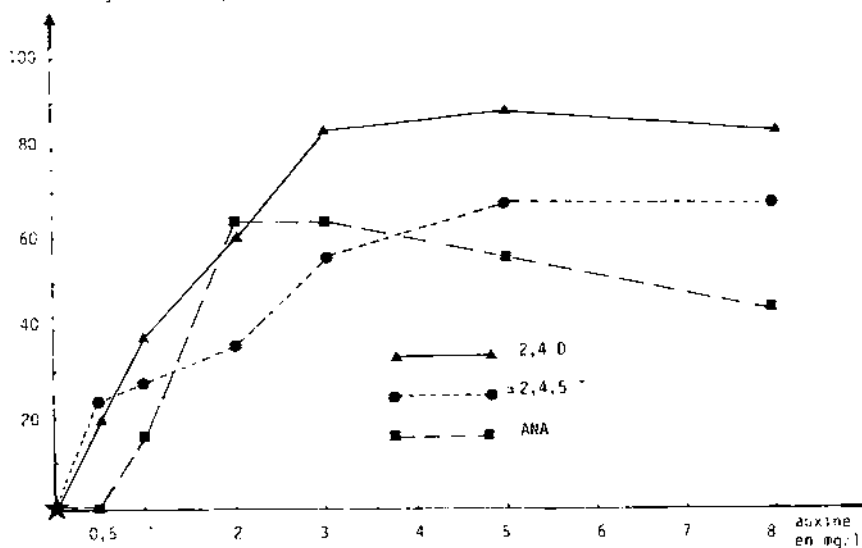


Figure 1 : Influence de la concentration en différentes auxines sur le % de callogénèse de pétiole PI de *Dioscorea alata*.

Des explants PI de *D. alata* du cultivar Brazo Fuerte ont été placés sur le milieu NS + sac 40 g/l + auxine (2,4-D ou 2,4,5-T ou ANA ou 2,4,6-T) à 0, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 mg/l. Les pourcentages portés sur la figure correspondent à la moyenne de 2 répétitions de 25 explants par traitement.

% de callogénèse
à 28 jours

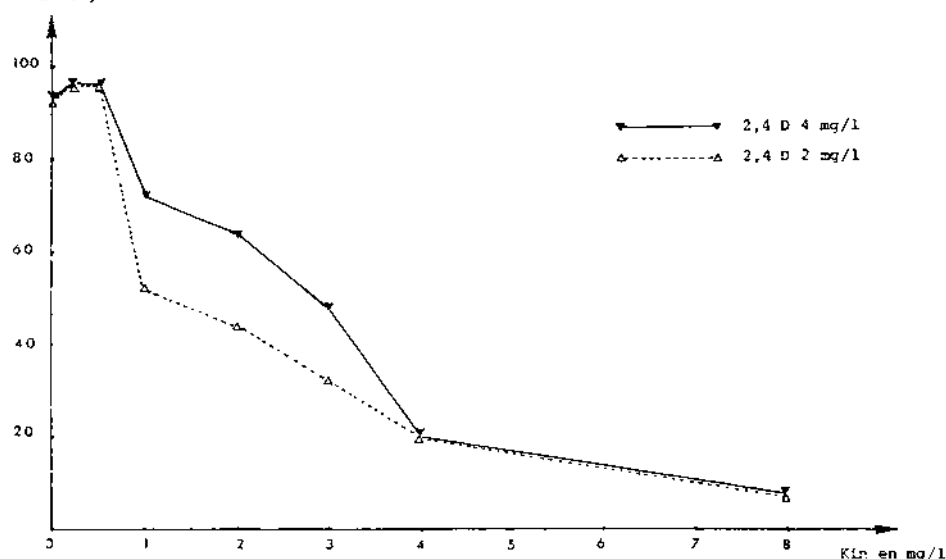


Figure 2 : Influence de la concentration en Kinétine sur le % de callogénèse de pétiole PI de *Dioscorea alata*.

Les explants PI du cultivar Brazo Fuerte de *D. alata* ont été placés sur le milieu NS + sac 30 g/l additionné des diverses combinaisons d'auxine et de cytokinine mentionnées sur les figures 7 et 8. Les pourcentages correspondent à 2 répétitions de 25 explants par traitement.

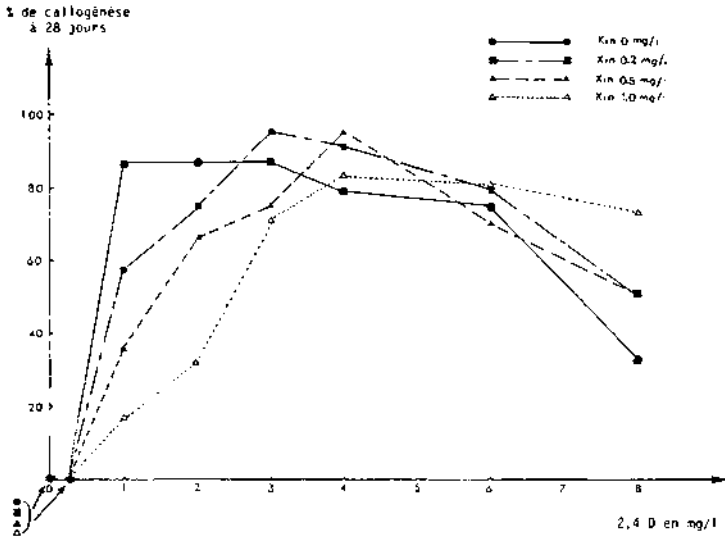


Figure 3 : Influence de la concentration en 2,4 D et en Kinetine sur le % de callogénèse de pétiole P2 de *Dioscorea alata*.

Les explants P1 du cultivar Brazo Fuerte de *D. alata* ont été placés sur le milieu MB + sac 30 g/l additionné des diverses combinaisons d'auxine et de cytokinine mentionnées sur les figures 7 et 9. Les pourcentages correspondent à 2 répétitions de 25 explants par traitement.

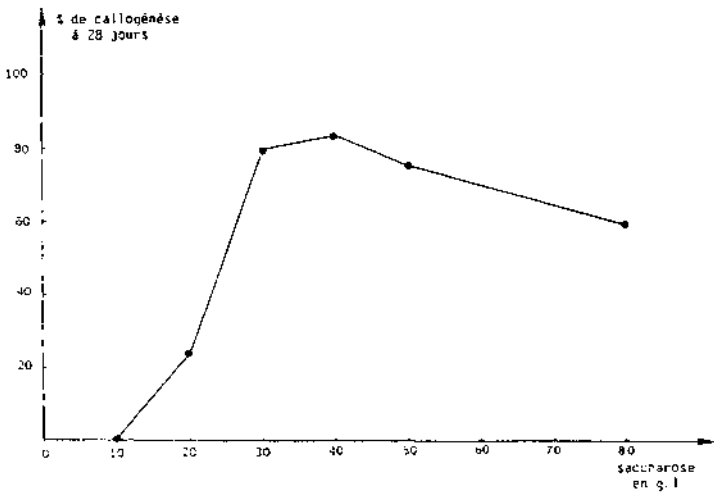


Figure 4 : Influence de la concentration en sucre sur le % de callogénèse de pétiole P1 de *Dioscorea alata*.

Des explants P1 du cultivar Brazo Fuerte de *D. alata* ont été placés le milieu MB + sac 2,4-D 4 mg/l + Kin 1 mg/l + sac (10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 80 g/l). Les pourcentages indiqués sur la figure correspondent à la moyenne de 2 répétitions de 25 explants par traitement.

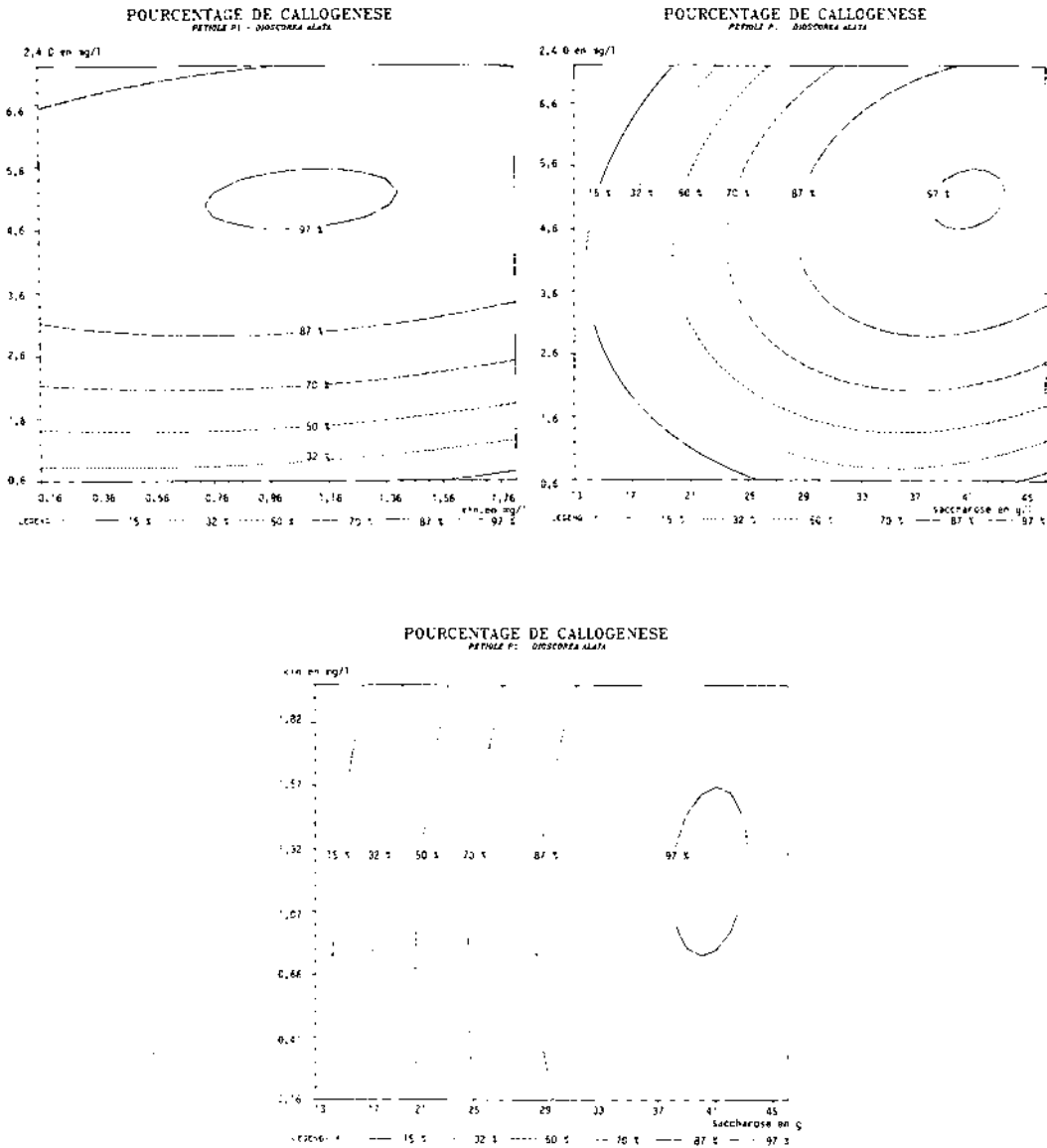


FIGURE 5 : Influence du 2,4-D, de la kinétine et du saccharose sur le pourcentage de callogenèse de pétiole P1 de *Dioscorea alata* cv Brazo Fuerte.

sont de 1 à 6 mg/l de 2,4D, 0 à 0,5 mg/l de kinétine et 30 g/l de saccharose (AMMIRATO, 1984 ; GREWAL et ATAL, 1976 ; CHATURVEDI, 1976...). La présence de kinétine dans notre milieu permet d'éviter l'apparition de racines sur le cal.

Choix d'un milieu optimal pour la croissance des cals

Nous avons utilisé pour cette expérience des pétioles de *D. alata* cv Brazo Fuerte ayant subi une phase de callogenèse de 30 jours sur MB + 40 g/l de saccharose + 5 mg/l de 2,4D + 1 mg/l de kinétine. Les explants ont été transférés sur différents milieux d'entretien et nous avons mesuré l'augmentation relative de poids frais :

$$\left(\frac{P}{P} = \frac{\text{poids final} - \text{poids initial}}{\text{poids initial}} \right) \text{ après 30 jours.}$$

Nous avons testé l'influence de la concentration en 2,4D (de 0,5 à 5 mg/l) sur MB + sacch. 30 g/l + kin 0,5 mg/l (figure 5) et l'influence de la concentration en saccharose (de 10 à 50 g/l) sur MB + 2,4D 2 mg/l + Kin 0,5 mg/l (figure 7). Nous avons choisi comme milieu d'entretien MB + 2,4D 2 mg/l + kin 0,5 mg/l + sacch. 30 g/l.

Organogenèse à partir de cals initiés et entretenus sur milieu riche en auxine forte

Nous avons recherché des milieux permettant l'organogenèse des cals de pétioles P1 qui avaient été initiés sur milieu optimum de callogenèse (2,4D 5mg/l) puis entretenus pendant 30 jours sur milieu d'entretien (2,4D 2 mg/l).

Diverses auxines en association avec la BAP et 30 g/l de saccharose ont été testées sur *D. alata* cv Brazo Fuerte et *D. trifida* cvs Moengo V et INRA 5.20 (Tableau 3, 4 et 5). Nous n'avons pas obtenu de néoformation de tige sur *D. trifida*. Chez *D. alata* des tiges se développent 2 à 12 mois après passage sur milieu de différenciation. Toutes les auxines testées ainsi que les témoins sans auxines sont susceptibles d'assurer un faible pourcentage de néoformation chez *D. alata*.

Afin de déterminer les niveaux optimaux d'auxine et de cytokinine dans le milieu d'organogenèse, nous avons testé diverses concentrations d'AIB (de 0 à 2 mg/l) et de BAP (de 0 à 8 mg/l) sur des cals de pétiole P1 cv Brazo Fuerte. Comme le pourcentage de néoformation restait faible, nous avons utilisé également des cals de noeud après deux repiquages sur milieu d'entretien. Les résultats des tableaux 6 et 7 montrent que le milieu MB + AIB 0,5 mg/l + sacch. 30 g/l donne un bon pourcentage d'organogenèse.

augmentation relative du poids frais après 28 jours

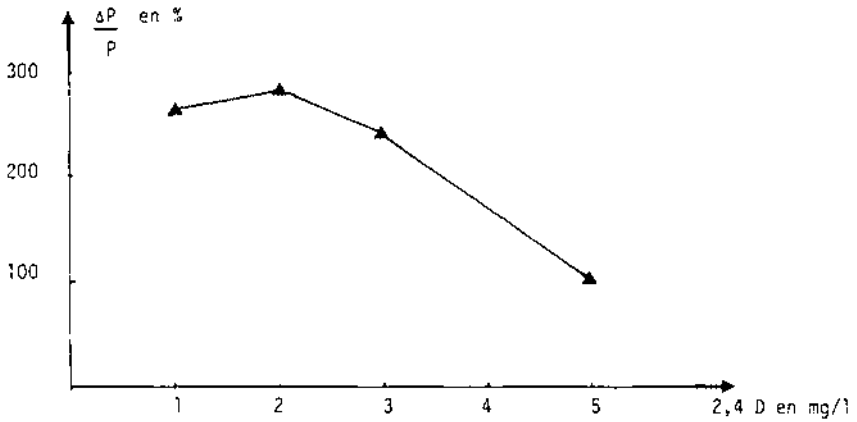


Figure 6 : Influence de la teneur en 2,4 D sur la croissance pondérale des cals de pétiole P1 de *Dioscorea alata*.

Des explants P1 du cultivar Brazo Fuerte ayant subi une phase de callogenèse de 30 jours sur le milieu MC ont été transférés sur le milieu MB + kin 0,5 + sac 30 g/l + 2,4-D (1 à 5 mg/l) du poids de matière fraîche. 30 explants par traitement ont été suivis.

augmentation relative du poids frais après 28 jours

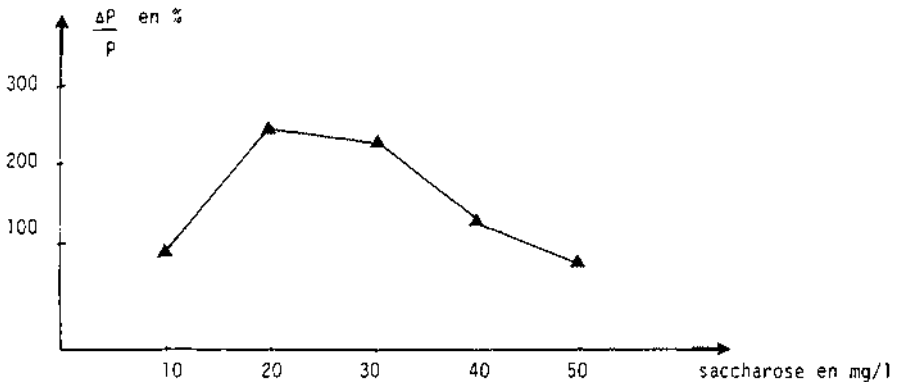


Figure 7 : Influence de la teneur en saccharose sur la croissance pondérale des cals de pétiole P1 de *Dioscorea alata*.

Des explants P1 du cultivar Brazo Fuerte ayant subi une phase de callogenèse de 30 jours sur le milieu MC ont été transférés sur le milieu MB + 2,4-D 2 mg/l + kin 0,5 mg/l + sac (10 à 50 mg/l) et nous avons mesuré l'augmentation du poids de matière fraîche. 30 explants par traitement ont été suivis.

Tableau III : Influence de diverses auxines sur le % de néoformation à partir de cals de pétiole P1 de D. alata cv Brazo Fuerte et D. trifida cvs Moengo V et INRA 5.20 (% de cals ayant donné au moins une tige après 5 mois)

milieu (mg/l)	AIA 0,5 BAP 2	AIB 0,5 BAP 2	NOA 0,5 BAP 2	ANA 0,5 BAP 2	- BAP 2	KIN 1 BAP 2	MB
cultivar							
D. trifida cv Moengo V	0	0	0	0	0	0	0
D. trifida cv INRA 5.20	0	0	0	0	0	0	0
D. alata cv Brazo Fuerte	*	4%	8%	4%	2%	4%	2%

* 1 cal de deuxième génération qui, transplanté sur AIB 0,5 BAP 2, a donné plusieurs tiges 12 mois après la mise sur milieu de néoformation.

Tableau IV : Influence de diverses auxines sur le % de néoformation à partir de cals de pétiole P1 de D. alata cv Brazo Fuerte (observation après 5 mois).

auxine BAP (mg/l)	ANA (mg/l)		NOA (mg/l)		AIB (mg/l)		
	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	1,0
0,5	0	8%	0	2%	2%	6%	8%
2	0	4%	0	0	0	4%	4%

Tableau V : Influence de diverses auxines sur le % de néoformation à partir de cals de pétiole P1 de D. alata cv Florido (observation après 3 mois).

auxine (mg/l)	ANA 0,5	AIB 0,5	NOA 0,5	MB
BAP (mg/l)				
0	24%	18%	4%	10%
2	0	0	0	0

Tableau VI : Influence de la concentration en AIB sur le % de néoformation à partir de pétiole P1 de D. alata cv Brazo Fuerte (observation après 5 mois).

AIB (mg/l) BAP (mg/l)	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
0	8%	16%	4%	0	0
2	4%	2%	2%	0	0

Tableau VII : Influence de la concentration en 6 BAP sur le % de néoformation à partir de pétiole P1 et de noeud N2 de D. alata cv Brazo Fuerte (observation après 5 mois)

hormone (mg/l) explant	AIB 0,5					
	BAP 0	BAP 0,5	BAP 1	BAP 2	BAP 4	BAP 8
cal de noeud	20%	12%	12%	26%	6%	6%*
cal de pétiole	8%	4%	2%	4%	0	0

* les tiges qui se développent meurent après 1 mois.

Nous avons fait également une étude sur l'influence de la forme et de la quantité d'azote sur le pourcentage de néoformation chez *D. alata* cv Brazo Fuerte. L'apport d'azote sous forme réduite ou organique est généralement nécessaire pour obtenir de l'embryogenèse somatique (AMMIRATO, 1982 ; SINGH, 1978). Nous avons modifié le milieu de base de façon à tester différents rapports N réduit/N oxydé (de 0,5 à 1,4). Nous n'avons pas obtenu d'embryogenèse somatique mais nous avons observé une influence significative de la quantité et de la qualité d'azote sur le pourcentage de néoformation (Tableau 8).

Le rapport $\frac{N \text{ réduit}}{N \text{ oxydé}} = 1$ donne de très bons résultats.

La faible teneur en azote totale de ce milieu en est peut-être la cause.

La réaction des cals de *D. alata* cv Brazo Fuerte sur les différents milieux qui ont donné des néoformations a été à peu près uniforme. Le cal anthocyané formé sur milieu riche en auxine noircit et se nécrose et un deuxième cal non anthocyané à croissance lente se développe après 2 à 3 mois. Certains de ces cals donnent des tiges. Nous avons donc cherché à obtenir directement à partir de l'explant initial ce type de cal à croissance lente.

Organogenèse à partir de cals initiés sur un milieu faible en auxine

Nous avons mis des pétioles P1 de *D. alata* cv Brazo Fuerte sur le milieu de base additionné de 1 mg/l d'ANA ou 0,01 mg/l de 2,4D ou sans auxine, de diverses concentrations de kinétine ou de 6 BAP (de 0 à 10 mg/l) et de 30 g/l de saccharose. Les explants développent sur certains milieux un cal au niveau de la blessure du pétiole et du départ des nervures. Ces cals produisent ensuite des racines. Après 2 mois, des tiges commencent à apparaître au niveau du départ des nervures et du cal cicatriciel. Les résultats (Tableau 9) montrent que, chez la variété étudiée, des doses élevées de cytokinine inhibent totalement la callogenèse et l'organogenèse de tige et de racine. Une certaine dose d'auxine est nécessaire pour induire la callogenèse et l'organogenèse : les explants cultivés sur les témoins sans auxine ou en présence d'une dose trop faible d'auxine (2,4D 0,01 mg/l) n'ont pas développé de cal ni de néoformation.

Le pourcentage obtenu sur les explants initiés avec une auxine faible est supérieur à celui obtenu en présence.

Tableau VIII : Influence de la forme et de la quantité totale d'azote sur le % de néoformation chez *D. alata* cv Brazo Puerte (% de cal ayant donné au moins une tige après 6 mois).

Milieu utilisé	MS normal	MS normal + Glutamine 500mg/l	MS modifiée	MS modifiée à 500 mg/l d'azote	MS modifiée à 500 mg/l d'azote + Glutamine 500 mg/l
	NH ₄ = 20 mM NO ₃ = 38 mM Norganique = 7 mM	NH ₄ = 20 mM NO ₃ = 38 mM	NH ₄ = 25 mM NO ₃ = 38 mM	NH ₄ = 18 mM NO ₃ = 18 mM	NH ₄ = 18 mM NO ₃ = 18 mM Norganique = 7mM
rapport molaire Nréduit/Noxydé	0,5	0,7	0,7	1,0	1,4
azote total	58 mM	65 mM	60 mM	36 mM	43 mM
% de néoformation	4%	2%	4%	34%	4%

Tableau IX : Influence de la kinétine et de la 6 benzylaminopurine sur la néoformation de tiges sur les pétioles Pl de *D. alata* cv Brazo Puerte (% d'explants ayant donné au moins une tige ou une racine après 135 jours).

cytokinine (mg/l) auxine (mg/l)		Kinétine				6 Benzyl aminopurine			
		kin 0	kin 0,1	kin 1,0	kin 10,0	BAP 0	BAP 0,1	BAP 1,0	BAP 10,0
ANA 1	cal	68 %	76 %	0*	0*	70 %	64 %	0*	0*
	racine	40 %	44 %	0	0	44 %	36 %	0	0
	tige	16 %	18 %	0	0	20 %	16 %	0	0
2,4D 0,01	cal	0	0	0*	0*	-	0	0*	0*
	racine	0	0	0	0	-	0	0	0
	tige	0	0	0	0	-	0	0	0
témoins sans auxine	cal	0	0	0	0*	-	0	0	0*
	racine	0	0	0	0	-	0	0	0
	tige	0	0	0	0	-	0	0	0

* Un cal très petit de type mycélien se développe sur les blessures de certains explants.
Ce cal n'évolue pas.

DISCUSSION

La callogenèse et la culture de cal ont été largement étudiées chez les espèces de *Dioscorea* à diosgénine : *D. deltoidea* (ABROSHNIKOVA et al., 1971 ; CHATURVEDI et SRIVASTAVA, 1976 ; CHATURVEDI et CHOWDHURY, 1980 ; KAUL et STABA, 1968 ; TAL et GOLDBERG, 1982), *D. floribunda* (AMINUDDIN et CHOWDHURY, 1983), *D. composita* (DATTA, 1981), *D. zingiberensis* (anonyme chinois, 1978). Divers types de néoformations ont été obtenues dans le genre *Dioscorea* :

- Embryogenèse somatique à partir de cals d'embryon sur *D. floribunda* (AMMIRATO, 1984) et de tubercules sur *D. deltoidea* (SINGH, 1978).

- Néoformations de tiges à partir de cals de seedling sur *D. deltoidea* (GREWAL et ATAL, 1975 et MASCARENHAS et al., 1976) et de cals de noeuds sur *D. macrostachya* (MAPES et URATA, 1970) et sur *D. composita* (DATTA, 1981).

- Organogenèse rapide sur fragments de tubercules ou de bulbilles ayant subi une phase de callogenèse chez *D. alata*, *D. rotundata* et *D. esculenta* (KOUASSI et al., 1984 ; ASSOKAN et al., 1983).

- Organogenèse directe sans passage par cal sur feuille dressée de *D. floribunda* (SINHA et CHATURVEDI, 1979).

Aucune publication n'a, à notre connaissance, fait état de variations somaclonales obtenues sur *Dioscoreae*, même si des études dans ce sens ont été entreprises (MASCARENHAS et al., 1976 ; DATTA, 1981 ; ARSENE, 1979). Une étude a été faite sur la mutagenèse de cellules en suspension de *D. deltoidea* (KARANNOVA et al., 1979) mais les souches cellulaires étudiées n'ont pas été placées sur milieu organogène.

Notre but étant l'obtention de variations somaclonales :

- Nous avons choisi un explant dépourvu de méristème : en effet, lorsque l'explant initial contient un méristème, les plantules néoformées peuvent provenir de la dé-répression du méristème contenu dans l'explant initial qui a proliféré au cours des repiquages successifs, et les mécanismes empêchant l'instabilité génétique étant particulièrement développés au niveau du méristème, la variabilité induite est faible. Au contraire, un explant sans méristème isolé de la plante mère échappe aux mécanismes correcteurs de la variabilité et il pourra y avoir néoformation de plantes "variantes" par rapport à la plante mère.

- Nous avons choisi un fragment de vitroplant qui présente l'intérêt de pouvoir faire des cycles assez rapprochés de callogenèse et d'organogenèse, ce qui n'est pas possible si on utilise des organes tels que le tubercule ou

le seedling. La variation induite est beaucoup plus importante après plusieurs cycles de callogenèse qu'après un seul (ROSSIGNOL, 1984).

Les néoformations de cet explant apparaissent lentement : entre 2 et 12 mois après la mise sur milieu organogène. Ceci est contraire aux résultats qui ont été publiés sur *Dioscoreae* où les néoformations (embryogenèse somatique ou organogenèse) apparaissent beaucoup plus rapidement : de 15 jours à 2 mois après transfert sur milieu organogène. Nous avons également obtenu une organogenèse rapide (entre 3 et 8 semaines) à partir de cal d'explants contenant un méristème. La lenteur d'apparition des néoformations à partir de cals de pétioles Pl est favorable à l'obtention de variants.

Les plantules néoformées ont été mises en collection in vitro. Elles présentent des différences de taille, de pigmentation et de vigueur. Nous les conservons en observation pour vérifier si ces différences subsistent après quelques cycles de microbouturage.

Les ignames étant polyploïdes : allo et autopolyploïde avec $2n = 2$ à $10x$ chez *D. alata* et $2n = 8x = 80$ chez *D. trifida* (ESSAD, 1984), chaque cultivar possède une grande hétérogénéité génétique qui pourrait être révélée par des cycles de callogenèse et d'organogenèse. Cependant, une partie des mutations induites ne se manifesteront pas car les allèles des chromosomes redondants risquent de masquer la variation.

CONCLUSION

L'obtention de néoformations à partir de cal de *Dioscorea* est d'un grand intérêt pour l'amélioration génétique des ignames :

- par la possibilité d'utilisation des variants : des études précises sur la physiologie des caractères que l'on cherche à améliorer seraient nécessaires pour orienter les variations éventuelles ou en tirer partie ;

- par la possibilité d'utilisation dans l'étude des protoplastes ; la fusion des protoplastes offre une solution très séduisante aux problèmes de reproduction sexuée des *Dioscoreae* mais l'emploi de cette méthode se heurte aux difficultés de régénérer des plantes à partir des protoplastes. L'utilisation de cals susceptibles de régénérer comme matériel de base pour la formation des protoplastes serait peut-être un moyen de surmonter cette barrière.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'IRAT et le laboratoire de culture in vitro du CIRAD où a été réalisée cette étude, ainsi que M. DEGRAS (INRA) et M. DUMONT (IRAT) pour la fourniture de matériel végétal et de documentation.

BIBLIOGRAPHIE

ABROSHNIVOVA M.A., BUTENKO R.G., SINIOUKHIN A.M., 1971. Kultura tkanei *Dioscorea deltoidea* kak produktentor steroidmyka saponid y senikov. Rostitelnye Resursy, 7 : 517524.

AMINUDIN, CHOWDHURY A.R., 1983. Production of diosgenin in somatic callus tissues of *Dioscorea floribunda*. Planta Medica, 48 (2) : 92-93.

AMMIRATO P.V., 1982.- Growth and morphogenesis in culture of the monocot yam *Dioscorea*. In : plant tissue culture (Fugirawa A. ed), Maruzen, Tokyo, 169-170.

AMMIRATO P.V., 1984.- Yams. In : Handbook of plant cell culture. Vol. 3 (Ammirato, Evans, Sharp, Yamada ed), Macmillan Publishing, New York, 327-354.

Anonymous Chinois, 1978.- The preliminary experiment on the callus tissue culture of *Dioscorea zingiberensis*. Proc. of symp. on plant tissue culture. Science Press, Peking, 481-484.

ARSENE M., 1979.- Etude de phénovariants par culture de tissus chez *Dioscorea alata* et *D. trifida*. DEA Amélioration des Plantes. Univ. Paris Sud, Centre d'Orsay, 11 p.

ASOKAN M.P., O'HAIR S.K., LITZ R.E., 1983.- In vitro plant development from bulbils explants of two *Dioscorea* species. Hortscience, 18 (5), 702-703.

BAUDIN P., 1956.- Maladie parasitaire des ignames de côte d'Ivoire. Revue de mycologie, 21 : 87-111.

BOX G.E.P. et WILSON K.B., 1951.- On the experimental attainment of optimum conditions. J.R. Stat. Soc. B13 : 1-45.

BRANCHARD M., 1984.- Application des vitrométhodes à la mise en oeuvre de programme de sélection de plantes résistantes à des maladies. Agrobiologie, 4 (9) : 905-911.

CHATURVEDI H.C. et SRIVASTAVA S.N., 1976.- Diosgenin biosynthesis by tuber callus tissue culture of *Dioscorea deltoidea*. Lloydia, 39, 82-83.

CHATURVEDI H.C. et CHOWDHURY A.R., 1980. Effect of growth hormones and some nitrogen sources on diosgenin biosynthesis by tuber callus of *D. deltoidea*. Indian J. Exp. Biol., 18 (9) : 913-915.

COURSEY D.G., 1976.- Yams in evolution of crop plants (Simmonds ed.). Longman, London, 70-74.

DATTA S.K. et DATTA K., 1981. Propagation of yam - *Dioscorea composita* - through tissue culture. Proc. Costed Symp. on tissue culture of economically important plant, Singapore (A.N Rao ed), 90-93.

ESPIAND H., 1983.- Conséquence de la culture *in vitro* sur la morphogénèse des boutures nodales de l'igname *D. alata* cv Tahiti. Thèse 3ème cycle, Paris Sud, Centre d'Orsay, 80 p.

ESSAD S., 1984. Variation géographique des nombres chromosomiques de base et polyploïdie dans le genre *Dioscorea* à propos du dénombrement des espèces *transversa*, *pillosa* et *trifida*, Agronomie, 4 (7) : 611-617.

GREWAL S. et ATAL C.K., 1976.- Plantlet formation in callus culture of *Dioscorea deltoidea*. Indian J. Exp. Biol., 14 (3) : 252-253.

IITA, 1979.- Annual Report. Yam, 63-65.

IITA, 1980. Annual Report. Yam, 65-70.

JOS J.S. et VIJAYA BAI, 1980.- Overcoming high female sterility in an asian species of *Dioscorea*. National Seminar on tuber crop production technology. Tamil Nadu Agricultural University, 161-164.

KARANOVA S.L., SHAMINA Z.B., 1979.- Induced genetic variability of somatic cells of *Dioscorea deltoidea*. In vitro phototrophy with respect to phytohormones. Soviet Genetics, 14 (6) : 691-696.

KAUL B. et STABA E.J., 1968.- *Dioscorea* tissue culture : (1) Biosynthesis and isolation of diosgenin from *Dioscorea deltoideacallus* and suspension cells. Lloydia, 31 (2) : 171-179.

KOUASSI B., VASSEUR J., FOURNET B., DUBOIS J., 1984.- Activité invertasique des cultures de tissus de *Dioscoreae*. Rev. Cytol. Biol. Veg. Bot., 7, 97-108.

LARKIN P.J. et SCOWCROFT W.R., 1981.- Somaclonal variation. A novel source of variability from cell cultures for plant improvement. Theor. Appl. Genet., 60, 197-214.

MAPES M.O. et URATA U., 1970.- Aseptic stem culture of *Dioscorea* clone. Proc. 2nd Intern. Symp. Trop. Root Tuber Crops. Hawaï, 25-27.

MASCARENHAS A.F., HENDRE R.R., NADGIR A.L., GHUGALE D.D., GODBOLE D.A., PRABHU R.A., TAGANNATHAN V., 1976.- Development of plantlets from cultured tissues of *Dioscorea deltoidea*. Ind. J. Exp. Biol., 14, 604-606.

MOREL G., 1984.- Recherche sur la culture associée de parasites obligatoires de tissus végétaux. Ann. Epiphyties (série Pathologie Végétale), 14, 123-124.

MURASHIGE T. et SKOOG F., 1962.- A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15, 473-497.

ROSSIGNOL L., ROSSIGNOL M., DUCREUX G., NOZERAN R., DARPAS A., 1984.- Analyse de la variabilité d'individus néoformés à partir de cals chez la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Var. B. F. 15. Bull. Soc. Bot. Fr., 131, lettre 1984, 3, 171-190.

SAUVAIRE D. et GALZY R., 1980.- Une méthode de planification expérimentale appliquée aux cultures de tissus végétaux. Exemple de la canne à sucre (*Saccharum* sp.). Can. J. Bot., 58, 264-269.

SHEPARD J.F., BIDNEY D., SHAHIN E., 1980.- Potatoe protoplasts in crop improvement. Science, 208 (4) : 17-24.

SINGH J.P., 1978.- Effect of nitrogen source on shoot bud differentiation of *Dioscorea deltoidea* callus cultures. Biologia Plantarum, 20 (6) : 436-439.

SINHA M., CHATURVEDI H.C., 1979.- Rapid clonal propagation of *D. floribunda* by vitroculture of excised leaves. Current Science, 48 (4) : 176-178.

TAL B. et GOLDBERG I., 1982.- Growth and diosgenin production by *Dioscorea deltoidea* cells in batch and continuous cultures. Planta medica, 44 : 107-110.

VANDEVENNE R. et TOURTZEVITCH Y., 1977.- Essai de mécanisation de la culture de l'igname en Côte-d'Ivoire. Machinisme Agricole Tropical, 60, 30-46.

WINCH J.E., NEWHOOK F.J., JAKSON G.V.H., COLE J.S., 1984.- Studies of *Colletotrichum gloesporioides* diseases on yam *Dioscorea alata* in Salomon Islands. Plant Pathology, 33, 467-477.

FIELD BEHAVIOUR OF YAM (DIOSCOREA ALATA L.) FROM IN VITRO CULTURE, IN STAGGERED PLANTINGS

*(Comportement au champ d'igname (D. alata L.) issu de
culture in vitro en plantations échelonnées)*

A. LACOINTE* and C. ZINSOU

Laboratoire de Physiologie et Biochimie Végétales
INRA des Antilles et de la Guyane
Domaine Duclos

F-97170 PETIT-BOURG, GUADELOUPE (F.W.I.)

* Station de Bioclimatologie

INRA Domaine de Crouelle

P-63039 CLERMONT-FERRAND CEDEX (FRANCE)

SUMMARY

Tissue culture of *D. alata* cv Lupias, supplies in all seasons plantlets of which morphology and development patterns present some similarities with seedlings of closely related species.

Plantings, irrigated and staggered between september and april show that later behaviour of those plantlets depends on planting season. Two effects are observed :

On one hand a reduction of maximum development attained by aerial and underground parts after planting under short or decreasing days ; on the other hand a certain regrouping of dieback dates of aerial parts for all plantings and a regrouping still more drastic of sprouting dates.

The first effect brings about a yield reduction as compared to april planting, sensitive since september and very severe from october to december plantings. The second effect annihilated since next year the initial temporal shift induced by out of season planting. The results are very close of those obtained generally with staggered plantings from yam tubers of *D. alata* presenting signs more or less accused of ageing. As they cannot be here attributed to the mother tuber, we conclude that the difficulty of out of season cultivation of that species is due to a great sensitiveness to environmental factors, (thermo-photo-periodism).

RESUME

La culture *in vitro* de *D. alata* cv. "Lupias" fournit en toute saison des jeunes plantes dont la morphologie et le mode de développement initial sont proches des caractéristiques des jeunes semis d'espèces voisines. Des plantations irriguées échelonnées entre septembre et avril montrent que le comportement ultérieur de ces vitroplants dépend de la saison de plantation. On observe deux effets : d'une part une réduction des développements maximaux atteints par la partie aérienne et la partie souterraine après plantation en conditions de jours courts ou décroissants (la partie souterraine étant relativement moins affectée que la partie aérienne) ; d'autre part un certain regroupement des dates de fanaison de la partie aérienne de toutes les plantations, et un regroupement encore plus net des dates de germination. Le premier effet occasionne une diminution du rendement par rapport à la plantation d'avril, sensible dès la plantation de septembre et très sévère pour les plantations d'octobre à décembre. Le deuxième effet annule dès l'année suivante le décalage temporel initial conféré par la plantation hors saison. Ces résultats sont très voisins de ceux généralement obtenus avec des plantations échelonnées de tubercules de *D. alata* présentant des signes plus ou moins nets de vieillissement. Comme ils ne peuvent, ici, être attribués au tubercule-mère, on en conclut que la difficulté de cultiver cette espèce hors-saison provient principalement d'une grande sensibilité aux facteurs du milieu (thermo-photopériode).

INTRODUCTION

In respect of out-of-season production, *Dioscorea alata* has been the most studied species among cultivated yams. Using chemicals, CAMPBELL et al (1962) shortened the tuber rest period and could plant sets from January to June in Trinidad : neither yield nor growing period were altered. On the other hand, all the experiments of delayed planting revealed that sets planted from July to November had lesser yield and reduced growing period, irrespective of the means used to store the planting material : chemicals (GOODING and HOAD, 1967), disbudding (CLAIRON and ZINSOU, 1980), cooled storage (ARNOLIN, 1981). The subsequent rest period may (CLAIRON and ZINSOU, 1980), or may not (ARNOLIN, 1981), also be shortened so that sprouting occurs at the normal date the following year. When planted in December or January (storage time > 1 year), the sets have "anarchic" (ARNOLIN, 1981) vegetative durations. At last, planting later than January (storage time - 1 year) leads to vigorous plants with normal vegetative cycles (ARNOLIN, 1981 ; MATHURIN, 1982).

From all those reports the behaviour of *D. alata* appears very dependent on the planting date. However it must be pointed out that they are all derived from the use of aged tubers as planting material, so that those results may have two different origins : an internal factor (the ageing of the tuber) and an environmental factor.

The purpose of the present study was to sort out those two effects, through staggered plantings of non-aged material. Since *D. alata* has no seeds, we used in vitro culture, which supplied us with young plants all year long. The growth and development pattern of that material is rather similar to that of usual sets, in spite of a few juvenile characteristics at the early stages (LACOINTE, 1984 ; LACOINTE and ZINSOU, 1986).

MATERIAL AND METHODS

The in vitro culture was initiated with uninodal 2 cm long vine-cuttings, collected from *D. alata* cv. Lupias grown indoor, and inoculated one per culture tube after surface - sterilizing by calcium hypochlorite 7 per cent. The culture medium is MURASHIGE and SKOOG'S (1962) added with vitamins, aminoacids and active coal. The cultures were grown under 150 W/cm² fluorescent light for 12 hr. daily at 25° ± 1°C.

After 3 months the rooted plantlets were either cut into uninodal pieces for the next subculture, or prepared as planting material. In the latter purpose, the plantlets were grown on peat, in a chamber misted for 1 mn every 75 mn. After 1 month they were potted and grown in a greenhouse, and after a further month they were transferred to the field.

One week before planting, the ferral soil of Domaine Duclos (Guadeloupe) was fertilized with N, P, K : 120-70-120, as ammonitrate, supertriple and potassium sulphate. The sets were planted 1 m far from each other, every 40 days from September 1982 to April 1983. Every plant was provided with a 2 m high stake. Whenever the soil became dry under the depth of 5 cm, it was irrigated with sprinklers.

For each planting the variations of total leaf number, total vine length and total leaf area, were derived from monthly samplings (n = 5 to 10 sets). Fresh tuber weight was recorded ; aerial part and tubers were also weighed after drying at 80°C. At the end of the vegetative period, the mature tubers were harvested and weighed ; some of them were weighed after drying, the remaining were stored until sprouting.

The statistical processing of data was carried out with non-parametric methods, mostly Kruskal and Wallis' test.

RESULTS AND DISCUSSION

Aerial part growth and development

The maximum leaf numbers reached by the different plantings were very dissimilar (Fig. 1a). In spite of a very

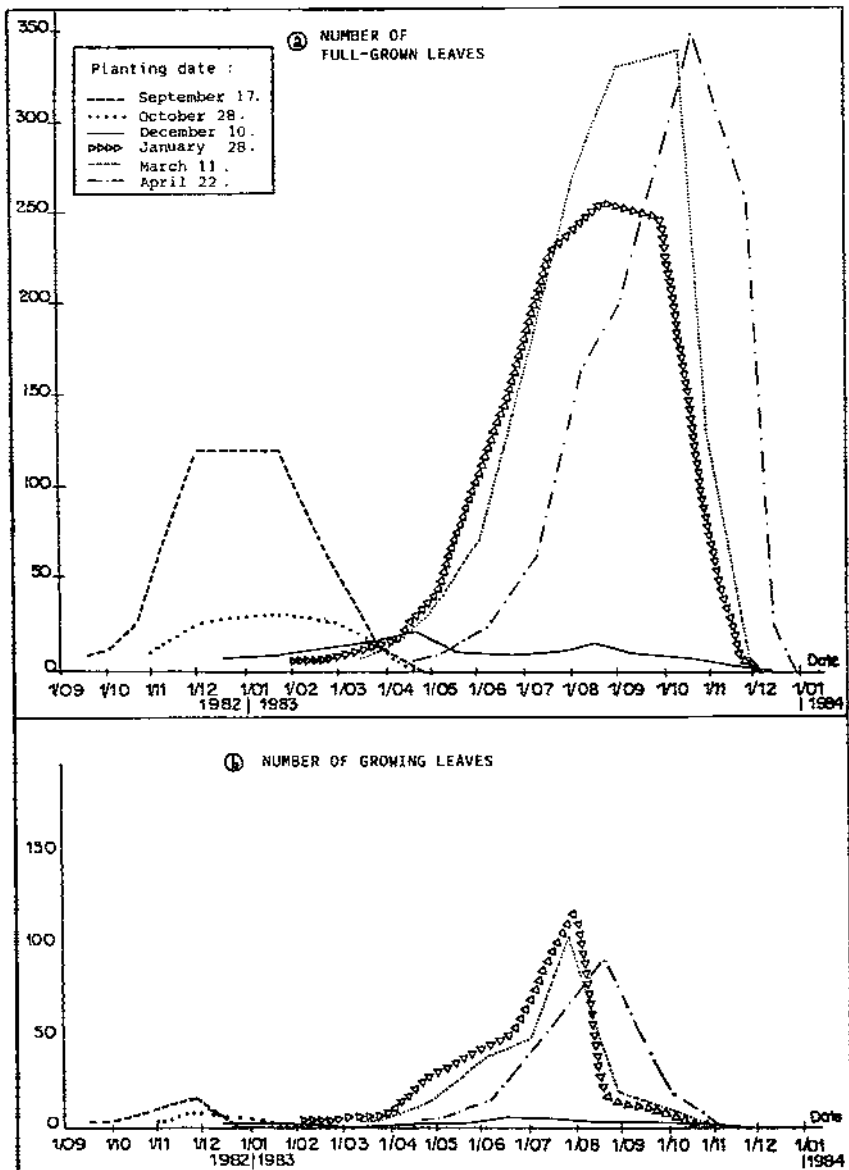


Fig.1 : Variations of total leaf number per plant

high variability within plantings (Fig. 2a), the differences between them were so important that they could be classed into 3 groups significantly different from each other (Fig. 2b). Measurements of any other character of the aerial part led to the same classing.

That classing is clearly related to the planting season : the lowest group (Nr. 1) corresponds to planting under short, decreasing days and the highest group (Nr. 3) corresponds to planting under increasing days. Since the sets we used for the different plantings are assumed to be comparable, that effect appears to be related to environmental variations.

In fact, aerial growth seemed nearly impossible from about December to March, whatever the planting date might be (Fig. 1b) ; it took place before - if it had time enough - or after - if the vines had not died down. The September planting is representative of the first case ; the January, March and April plantings, of the second case. As for the October planting, it could grow in neither period. Neither could most (80 per cent) of the December planting, which had lost their stems before mid-June. The remaining 20 per cent kept them much longer and resumed aerial growth in the same time as the later plantings, up to the dimension reached by the September planting. That is the main origin of the extreme variability (Fig. 2a) of the December planting, similar to the "anarchic" behaviour recorded by ARNOLIN (1981) ; it led us to divide that planting into 2 subpopulations.

When plotting vegetative duration, or other aspects of growth dynamics, versus planting date (Fig. 2c), that partition within the December planting appears as a discontinuity on a curve decreasing anywhere else, with short duration before and long durations after. That effect is very similar to that observed on sets from seed-tubers. It may be considered as an indirect consequence of the unfavourable influence of the December to March period on aerial growth, since stems die 3 or 4 months after they have stopped if there is no replacement before the latest stem dies down, the aerial part disappears completely.

Flowering was observed only for the January, March and April plantings.

Tuber growth and development

Planting date highly affected the maximum tuber weight per plant (Fig. 3a). This effect led to the same classing as for the aerial part (Fig. 3b), which is not surprising since the tuber is fed with photosynthates from the leaves.

Yet, the effect of planting date on the tuber development was not simply a consequence of that observed

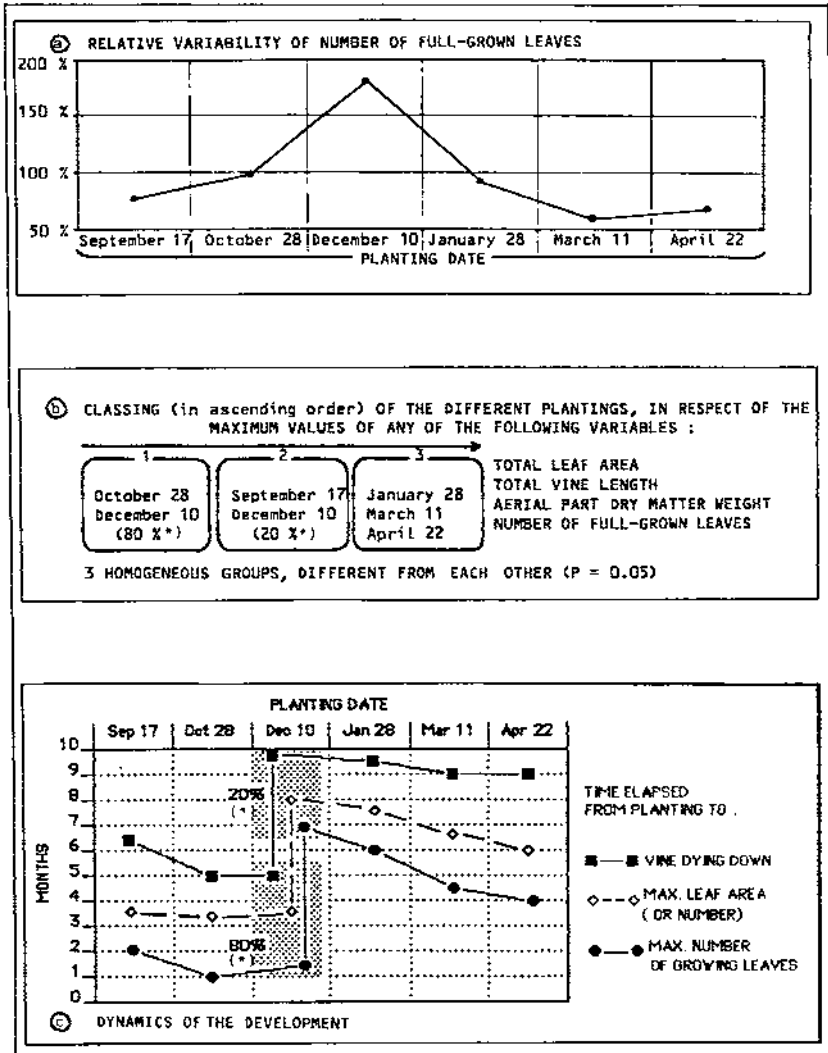


Fig. 2 : Some characteristics of the aerial part development

(*) the December planting could be divided into 2 subpopulations :
 | 80% had lost their stems before mid-June
 | 20% kept them much longer

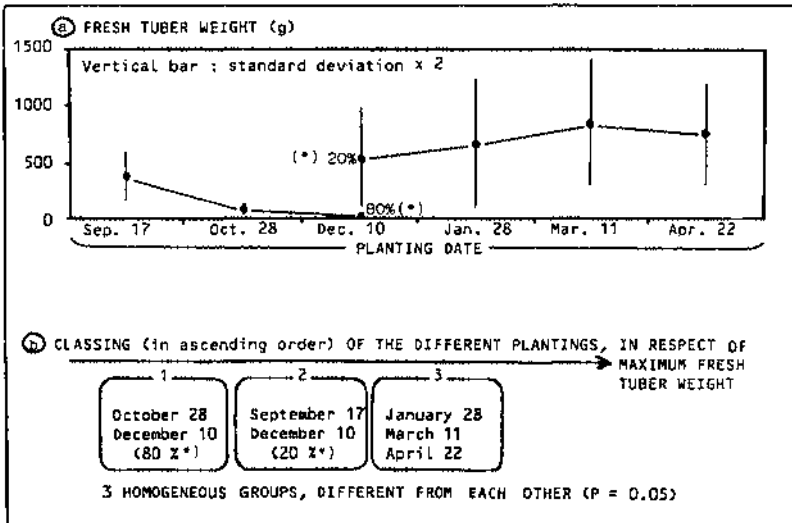


Fig.3 : Maximum fresh tuber weight per plant

(*) see fig. 2

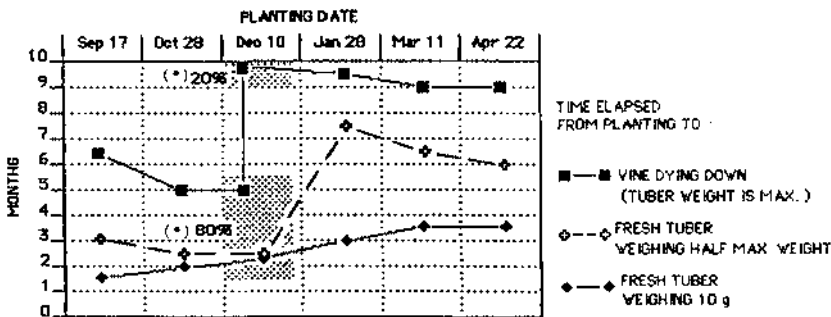


Fig.4 : Dynamics of tuber growth

(*) see fig. 2

on the aerial part. That can be derived from the tuber growth patterns (Fig. 4). The early tuber growth (up to 10 g) was quickest for the September planting and slowest for the March and April plantings, with regular variations for the intermediate plantings. The subsequent growth was regular and comparable for all plantings, except for the January planting, and probably the 20 per cent December subpopulation (but we have not got the figures), which reached half their maximum weight very slowly. Moreover, there was evidence that, for several sets from those 2 plantings, tubers had grown during two successive, clearly separate, periods (LACOINTE, 1984).

All these aspects of growth dynamics are consistent with the hypotheses of a period (- October-February) promoting tuber growth and of another period (- March-July) with the opposite effect. Thus, the season which appears to have an unfavourable influence on aerial growth appears, conversely, to have a favourable influence on underground growth. Seasons with differential effects on aerial and underground growth may also be derived from the variations of aerial part/tuber weight ratio (Fig. 5).

As a consequence, for the September and October plantings the tuber growth was affected to a relatively lesser extent than the aerial part growth. Besides, there was an indirect evidence that photosynthates were transferred to the tuber, and stored, in a relatively more efficient way after planting under decreasing days than after planting under increasing days (LACOINTE, 1984).

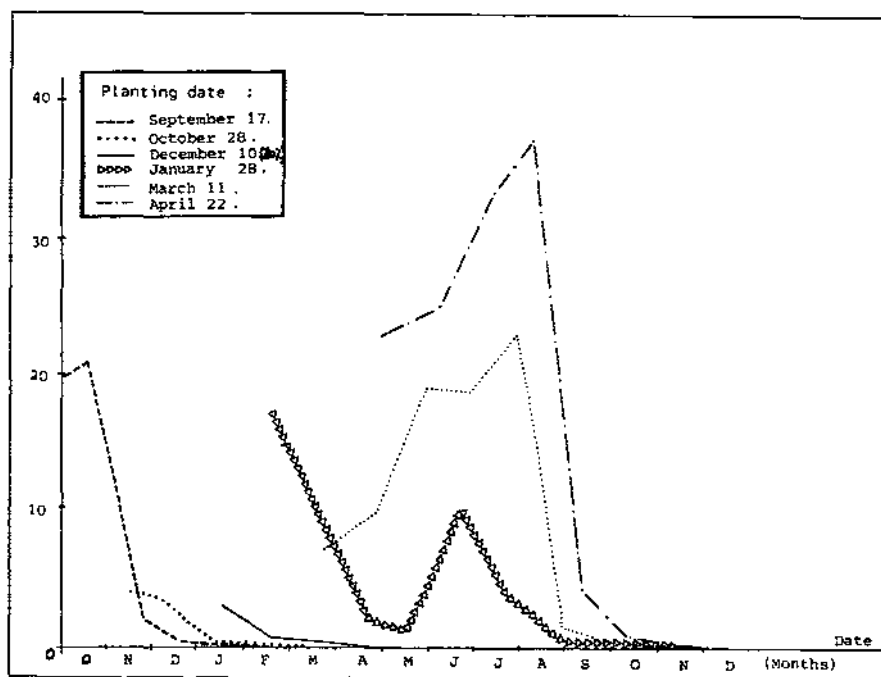


Fig.5 : Variations of the $\frac{\text{AERIAL PART}}{\text{TUBER}}$ dry matter weight ratio

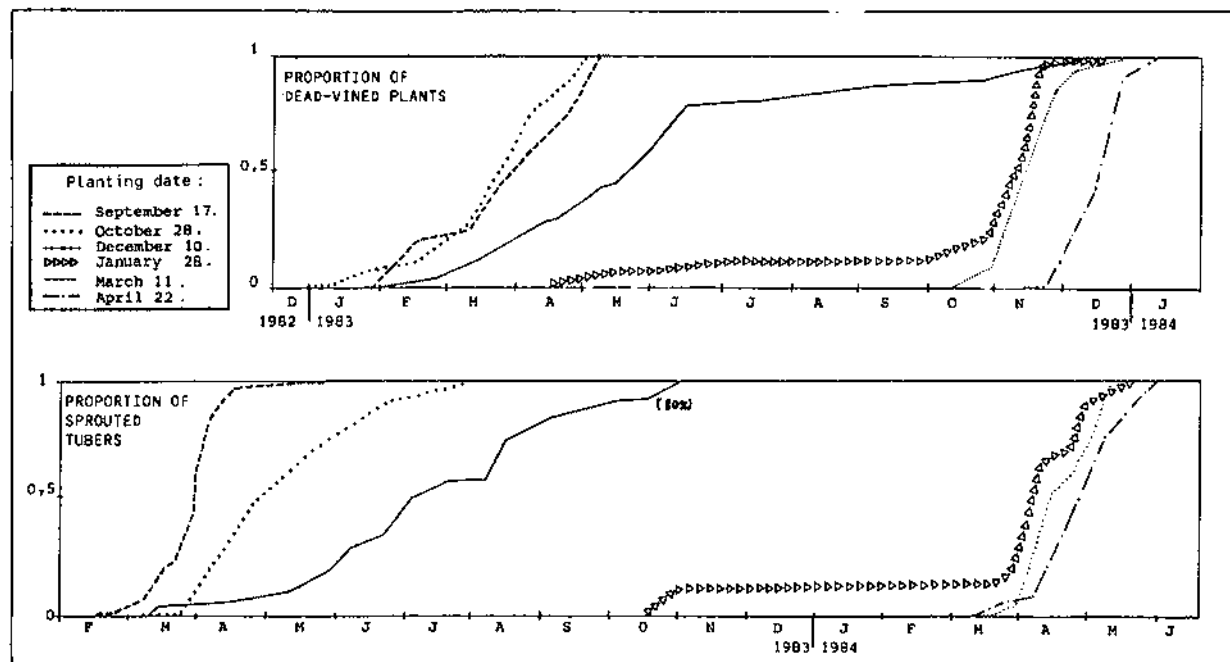


Fig.6 : Time-course of vine dying down and tuber sprouting

The tuber rest period

The beginning of the rest period (Fig. 6a)

The mean dates of vine dying down of all plantings showed a trend to gathering within one season : from November to April (short days). That appeared through the distribution of the plantings in two groups : the first one (September and October plantings) corresponded to the end of this season, and the second one (March and April plantings) to its beginning (the following year). The partition within the December planting appeared here : 80 per cent belonged to the first group and most of the remaining 20 per cent to the second one. The January planting behaved similarly, but with inverse proportion : about 10 per cent for the first group (they have not been mentioned in this report because they were too few) and 90 per cent for the other one.

The end of the rest period : sprouting (Fig. 6b)

The sprouting season of all plantings is even more restricted than the vine dying down season. As a matter of fact, the mean sprouting dates take place between March 15th and May 1st for all plantings except the 80 per cent December sub-population which kept its "anarchic" behaviour. The rest period may be so restricted that sprouting occurs at the same time as vine dying down : that was recorded for several sets from the September planting. In fact the 20 per cent December subpopulation may be interpreted as a case of "negative" rest duration", since aerial growth resumption really looked like tuber sprouting (LACOINTE, 1984) and would have been considered as such if the old stems had disappeared earlier. This interpretation is supported by the often-observed biphasic tuber growth.

CONCLUSION

Planting date clearly affected the behaviour of *D. alata* cv "Lupias" from in vitro culture, through :

a) an important reduction of aerial development and, to a lesser extent, of tuber development, after planting under short and decreasing days. Yield was significantly affected for the September planting and drastically for the October and December plantings.

b) a clear gathering of dates of aerial part dying down, and an even stricter gathering of dates of tuber sprouting. As a consequence, staggering, which could reach 6 months at planting, was completely lost at sprouting the following year.

It is therefore clear that out-of-season production is not possible with this material in our conditions.

These results are very similar to those achieved with sets from seed-tubers, as related in Introduction. Since our plants were free from any seed tuber effects, we think that our results were due to environmental factors ; so were mostly, probably, the former results.

In ours experiments the environmental control could be described as the succession, along the year, of a season promoting aerial growth to the prejudice of tuber growth (March-July), and of a season exerting the opposite influence (October-February).

Which environmental factors may be involved in that control ? Since our field was irrigated, we think it is not water, in spite of the adequation between water supply and the vegetative cycle evolution under natural conditions. Therefore we suspect photoperiod and/or thermoperiod to be responsible for the environmental control. The influence of photoperiod on development of several yam species has already been pointed out by NJOKU (1963) and MIGINIAC (1980), as similar to that reported here.

Unlike that of cv. "Lupias" (CLAIRON and ZINSOU, 1980, and this report), the development of some others cvs of *D. alata* (ARNOLIN, 1981) does not appear as completely determined by environmental variations, since the rest periode may not be shorter than a few months. Yet such behaviours might be explained in the same way, assuming that sprouting result from interaction of environmental factors with a "tuber-factor" whose level would vary during the rest period.

REFERENCES

- ARNOLIN R., 1981.- quelques observations sur le cycle végétatif de *Dioscorea alata*, cv. "Tahiti" suivant la date de plantation. XX th Annual Meeting C.F.C.S., Caracas, 9 pages.
- CAMPBELL J.S., CHUKWUEKE V.O., TERIBIA F.A. & HO-A-SHU H.V.S., 1962.- Some physiological investigations into the White Lisbon Yam (*Dioscorea alata* L.) : II. Growth period and out-of-season production. Empire J. Exper. Agric. 30 : 232-238.
- CLAIRON M. & ZINSOU C., 1980.- Etude de plantations échelonnées d'Ignames (*Dioscorea alata*, cv. "Lupias") : effet du vieillissement du tubercule sur la croissance et le développement de la plante. International Yam Seminar, Guadeloupe, pp 125-141. Colloques Internationaux INRA, INRA éditeur.

- GOODING E.G.B. & HOAD R.M., 1967.- Problems of yam cultivation in Barbados. International Symposium I.S.T.R.C., Trinidad.
- LACOINTE A., 1984.- Quelques aspects du comportement d'une plante tubérifère tropicale (Ignose) issue de culture in vitro, en plantations échelonnées. Thèse 3ème cycle, Univ. Clermont-Fd II, 73 pages + ann. + réf.
- LACOINTE A. & ZINSOU C., 1986.- Mode de croissance et de développement de l'Ignose *Dioscorea alata* cv. "Lupias" issue de culture in vitro. For publication in "Agro-nomie".
- MATHURIN P., 1982.- Nouvelle contribution à l'étude de la reproduction végétative de l'Ignose : sevrage et repiquage répétés du tubercule de *Dioscorea alata*, cv. "Pacala". Thèse Doct. Ing., Univ. Abidjan, 126 pages.
- MIGINIAC E., 1980.- Développement de quelques espèces d'Ignames. International Yam Seminar, Guadeloupe, pp 119-123. Colloques Internationaux INRA, INRA éditeur.
- MURASHIGE T. & SKOOG F., 1962.- A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15 : 173-497.
- NJOKU E., 1963.- The propagation of yams (*Dioscorea* spp.) by vine cuttings. *J.W. Agric. Sci. Ass.* 8 : 29-32.

PRINCIPAUX RESULTATS DANS LA MULTIPLICATION VEGETATIVE
DE L'IGNAME (*Dioscorea* spp.) : CONSEQUENCES POUR
LA PRODUCTION AUX ANTILLES

P. MATHURIN et L. DEGRAS

Centre de Recherches Agronomiques INRA des Antilles-Guyane
Station d'Amélioration des Plantes,
B.P. 1232, 97184 POINTE-A-PITRE CEDEX

RESUME

Depuis quelques années, un intérêt accru se manifeste pour une meilleure connaissance de la multiplication végétative des tubercules d'igname. Cette connaissance peut aider à réduire notre "dépendance" à l'égard des importations de pomme de terre...

Nos travaux ont porté sur la fragmentation, le sevrage-repiquage du tubercule et le bouturage des tiges aériennes.

La fragmentation a permis d'obtenir un taux de multiplication de l'ordre de 30 pour *D. alata*. La meilleure production (25 kg/16 plantes, issus d'un même tubercule-mère) a été obtenue avec des fragments de 50 g au lieu de 200 g (8 kg/4 plantes, issus d'un même tubercule-mère).

Dans les conditions normales de notre écologie et sur la base de 2 sevrages, la production des plantes sevrées de *D. alata* issues de 1ère, 2ème et 3ème plantation est très supérieure (5,77 kg) à celle d'une plante témoin non sevrée (2,43 kg).

Le bouturage des tiges aériennes chez *D. alata* permet d'obtenir une production de 1,3 à 1,4 kg/bouture par comparaison à une plante témoin (fragment de tubercule) qui a donné 1,1 à 1,5 kg.

SUMMARY

For the past few years, a great interest has been manifested for a better knowledge of the vegetative multiplication in yam tubers. This

knowledge might help to reduce our dependence on importations of potato...

Our experiments were realized on the fragmentation, the separation removal of mother tuber and the cutting of vines.

The fragmentation enabled to get a multiplication ratio of about 30 for *D. alata*. The best production (25 kg/16 plants, from the same mother tuber) was obtained with fragments of 50 g instead of 200 g (8 kg/4 plants, from the same mother-tuber).

In the normal conditions of our ecology and on the basis of two separations, the production of daughter-plant obtained from separation of *D. alata* originating from 1st, 2d and 3d plantation is higher (5.77 kg) than that of the control plant not separated (2.43 kg).

The cutting of shoot in *D. alata* permits to obtain a production of 1.3 to 1.4 kg/slip by comparison to a control plant (tuber-fragment) which gave 1.1 to 1.5 kg.

INTRODUCTION

D'après COURSEY (1967), l'igname a été, à l'égal du Maïs chez les précolombiens, à la base de civilisations d'Afrique occidentale (*D. cayenensis*), d'Asie tropicale, d'Inde, d'Océanie (*D. alata* - *D. esculenta*).

L'importance économique du tubercule d'igname n'est pas négligeable dans la zone Caraïbe : la production annuelle des pays du Commonwealth y est de l'ordre de 200 000 t (FERGUSON, 1980). Par ailleurs, les systèmes socio-économiques prédominant n'ont en rien favorisé les productions vivrières locales, dont celles de l'igname... mais, ont favorisé des importations massives de produits alimentaires. Heureusement, depuis peu, la recherche de l'auto-suffisance alimentaire en région tropicale s'accroît et dans ce cadre l'igname apparaît comme une plante d'importance majeure pour la région Caraïbe.

Depuis de nombreuses années, un intérêt accru se manifeste pour une meilleure connaissance de la biologie des ignames, notamment de leur multiplication végétative.

Chez les espèces majeures d'igname cultivées aux Antilles, sauf chez *D. trifida* et *D. cayenensis rotundata*, les fleurs sont parfois absentes et souvent stériles ou produisent des graines à germinations difficiles (DEGRAS L., 1980). Ces déficiences gênent l'utilisation de la reproduction sexuée, d'où la prédominance de la reproduction végétative chez ces ignames et la nécessité d'étudier celle-ci pour accélérer l'expérimentation et la diffusion des clones introduits, base de l'amélioration variétale de ces espèces. Les techniques de cette multiplication ont été abordées chez *D. alata* par des études intéressantes d'abord l'utilisation optimale d'un

poids de tubercule donné (fragmentation initiale, sevrage-repiquage) puis l'utilisation de tiges aériennes. Cette seconde série d'études découle des difficultés de la transposition à *D. cayenensis* des résultats obtenus chez (*D. alata*) (voir ci-après).

Des travaux d'inspiration analogue ont été conduits ailleurs. Sans revenir sur les nombreux et anciens essais de fragmentation dont ceux de MIEGE (1957) (voir COURSEY, 1967) on peut signaler les développements de la technique des minifragments, plus ou moins simultanément, au Nigéria (OYOLU, 1978, WILSON, 1978) et à la Barbade (MANTELL et HAQUE, 1977) et les travaux initiaux de OKIGBO et IGBE (1973) sur le sevrage-repiquage, repris ultérieurement par NWOKE et OKONKWO IGBE (1978). La technique des minifragments a parfois recours à un traitement par l'éthylène chlorydrine pour homogénéiser et accélérer le bourgeonnement de secteur de tubercule-mère, isolés les uns des autres par de profondes scarifications, et détachés postérieurement. Au cours de ce Symposium, AMEYAN et al, ainsi que IGBOKWE et al., lui apportent de nouveaux développements.

F.W. MARTIN (MARTIN, DELPIN, 1969 ; CABANILLAS, MARTIN, 1979) a abordé de nombreux aspects du bouturage des tiges de *Dioscorea*.

II.- RESULTATS DES TRAVAUX

A/ Fragmentation du tubercule

En 1974 et 1975 des tubercules de 800 g ont été divisés longitudinalement et transversalement en 4, 8, 16 et 32 fragments. Leur culture a conduit aux conclusions suivantes (MATHURIN et DEGRAS, 1974 ; DEGRAS et MATHURIN, 1980).

1) Existence d'une hétérogénéité de germination dans le tubercule avec un gradient longitudinal de précocité de la tête à la base.

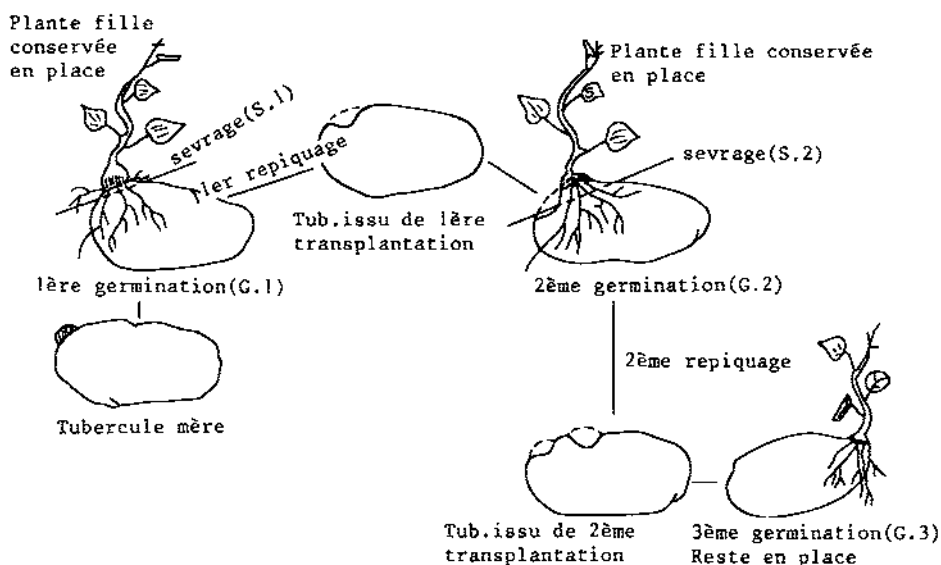
2) La division en 32 fragments de 25 g uniformise ou rend aléatoire l'ordre de germination.

3) Le taux de multiplication peut être élevé. Il atteint 30 pour *D. alata* avec la fragmentation en 16 parties de 50 g.

4) La meilleure relation entre taux de multiplication et production est obtenue avec la fragmentation en 16 avec plus de 25 kg par tubercule-mère contre 8 kg pour la fragmentation en 4 (distance entre les plants 0,50 x 1 m) bien que le rendement à l'unité de surface subisse une certaine réduction (3,115 kg/m² contre 4 kg/m²).

B/ Sevrage des plantes et repiquages successifs du tubercule
(MATHURIN, 1982)

La technique de sevrage-repiquage successifs permet d'accroître la multiplication végétative à partir de l'utilisation des réserves d'un même tubercule et de sa capacité de néoformation de bourgeons. Nous entendons par sevrage, l'opération qui consiste à séparer la plante fille du tubercule-mère ; il est suivi de la transplantation de celui-ci suivant les indications du schéma ci-dessous.



Différentes étapes de la technique du sevrage et repiquage de l'igname
D. alata cv. Pacala

Nos études ont concerné :

- En 1980 et 1981, le comportement des plantes sevrées au champ à partir de tubercules entiers ou fragmentés.

- L'incidence de la variation du poids de la semence sur la possibilité de repiquages et de fragmentations (tubercules de poids différents pour faire des plants de 200 g et 100 g).

Nous avons obtenu les résultats ci-après :

1) Les égermages successifs des tubercules entiers montrent que le comportement des plantes filles est influencé par l'âge des tubercules. A partir du 3ème égermage la croissance en longueur des germes diminue par rapport à celle des germes issus de la première germination.

2) Le poids des tubercules-mères n'a pas d'action déterminante sur le délai de germination. Mais, la taille de la semence à la plantation influe positivement sur la levée et la production.

3) Le stade de sevrage le plus précoce sans influence négative sur la production correspond à 3-6 feuilles. Le nombre de repiquages s'accroît avec le poids du tubercule. Il est de l'ordre de 2 (soit 3 plantations) pour une production acceptable sous les conditions normales de notre écologie, avec des tubercules de 100 à 500 g.

4) La production cumulée des plantes sevrées issues de 1ère, 2ème et 3ème plantation est très supérieure (5,77 kg) à celle d'une plante témoin non sevrée (2,43 kg). Mais, au cours des plantations successives la production individuelle des plantes sevrées et non sevrées diminue progressivement en raison de l'effet conjoint des facteurs du climat et du vieillissement du tubercule (CLAIRON et ZINSOU, 1980 ; LACOINTE, ce Symposium) : les plantes filles issues de sevrage d'avril-juillet donnent une production de 1,500 kg/plants contre 0,300 kg pour les plantes sevrées en août-septembre.

C/ Bouturage de la tige (MATHURIN, 1985)

L'application des techniques précédentes à *D. cayenensis-rotundata* est assez aléatoire : le tubercule de consommation, physiologiquement immature se prête mal à la fragmentation, le tubercule de semence offre une hétérogénéité considérable et une morphologie tourmentée. Nous nous sommes tournés vers le bouturage de la tige. *D. alata* fut pris comme témoin, sans aptitude à la reprise des boutures de tige étant bien connue.

Les planches I et II montrent les résultats de l'utilisation de boutures de deux noeuds chez des cultivars de ces deux espèces. On peut en souligner les aspects suivants :

- Le taux de multiplication de *D. alata* cv Belep ou Kinabayo est significativement accru ; à partir de plantes installées *D. alata* cv Kinabayo, en mars-avril et de boutures prélevées entre avril et juin, on a pu obtenir en 1983 un poids total de 4,433 kgs par plante-mère (+ filles) contre 1,577 kg pour la plante témoin conduite sans prélèvement de bouture.

- Le taux de multiplication de *D. cayenensis-rotundata* et Grosse Caille Corossol ou Morokourou VI7/2 n'est pas significativement accru pour la culture de l'année de prélèvement, de façon régulière. Il peut l'être au terme de la deuxième année. La croissance de la plante bouturée est d'autant meilleure que c'est au noeud basal que s'effectue le développement de la nouvelle tige. L'époque de bouturage et l'âge de plante-mère paraissent beaucoup plus contraignants pour *D. cayenensis-rotundata* que pour *D. alata*.

III.- TRANSFERT CHEZ L'AGRICULTEUR

1/ Fragmentation du tubercule

Nous conseillons aux agriculteurs pour *D. alata*, l'utilisation de fragments de l'ordre de 100 g au lieu de 500-800 g, et voire plus, traditionnellement utilisés (CLAIRON, 1978 - FERGUSON, 1980).

Le transfert de ce résultat ne souffre pas de difficultés majeures. Par ailleurs, le maintien de notre collection de *D. alata* se fait désormais par l'utilisation de fragments de 50 g.

2/ Sevrage - Repiquage

Le sevrage donne la possibilité d'avoir outre une première plante fille fournissant une production normale (1,47 kg), au moins une seconde dont la production supplémentaire n'est pas négligeable (1,22 kg/plant).

Pour une plantation précoce au lieu de faire un égermage, il est possible de maintenir l'effet vigueur de la plante fille et de récupérer la semence mère, si les conditions climatiques permettent la préparation d'un nouveau terrain. La distance entre les plants peut alors être diminuée du 1/3, ce qui conduit sensiblement à l'obtention de la même production pour une surface plus faible.

-
1. Type de bouture utilisée
 2. Mise en pot des boutures
 3. Différence du point d'insertion de la nouvelle pousse (tige 1er ordre)
 Kinabayo: pousse souterraine (noeud souterrain)
 Belep: pousse aérienne (niveau 2ème noeud aérien)
 (âge 1,5 à 2 mois)
 4. Pousse souterraine: bouture destinée à la plantation
 (âge: 1 à 1,5 mois)
 5. Rattrapage du développement végétatif de gauche à droite
 1ère plante: plante bouturée (Br)
 2ème et 3ème plantes: plantes issues de tubercule (T)
 4ème plante: plante directement au sol (Bo)



Planche 1 :
D.alata cv: Kinabayo et Belep

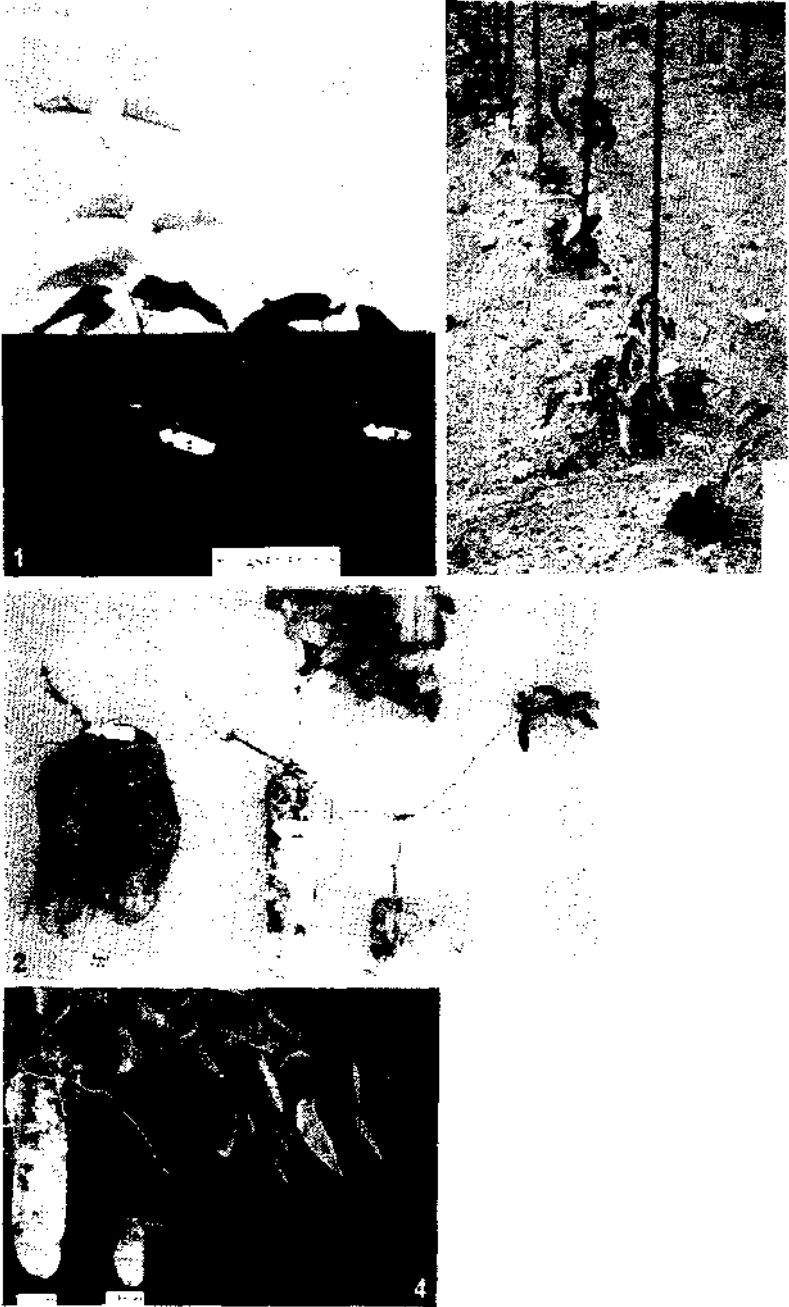


Planche 2 : D. cayenensis cv : grosse caille

3/ Bouturage

Il est donc tout à fait possible d'améliorer la production de tubercules de *D. alata* cvs Belep et Kinabayo et d'augmenter le taux de multiplication de ces cultivars en cours de diffusion.

Nous avons préparé 30 à 50 plantules de ces variétés pour les placer chez des agriculteurs en tenant compte de leur capacité de l'information dans leur région

- En Grande-Terre (Anse-Bertrand, Moule, Gosier)
3 localités à saison sèche marquée, pluviométrie 1 à 1 m 50 mal répartie, sol calcaire.

- En Basse-Terre dans la zone du Lamentin : localité à saison sèche pluviométrie 2 à 2 m 50, sol ferrallitique à pH acide.

Les résultats obtenus, du même ordre que ceux obtenus en expérimentation, sont encourageants.

IV.- CONCLUSION - PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Il est clair que comme pour de nombreux genres, ce qui est aisé dans une espèce, ici *D. alata*, ne l'est pas dans une autre telle que *D. cayenensis-rotundata*. Cette différence dans l'aptitude à la multiplication végétative par des techniques horticoles se retrouve au niveau de la micro-propagation in vitro ou *D. cayenensis-rotundata* cv Morokorou ne tient pas au transfert au champ des promesses de croissance en tube, à l'inverse de *D. alata* (ARNOLIN, ce Symposium).

Mais même avec ce handicap sectoriel, le bouturage offre dans l'ensemble un renforcement des possibilités apportées à la multiplication végétative des ignames par la rationalisation de la fragmentation et par le sevrage-repiquage.

-
1. Bouture à 2 noeuds
Différence du point d'insertion de la nouvelle pousse (tige de 1er ordre)
(1)Pousse aérienne(niveau 2ème noeud aérien)
(2)Pousse souterraine(noed basal souterrain)
 2. Production suivant date de mise en place de la bouture au champ et type de ramification
 3. Faible développement végétatif(port bas, étalé...)
(âge de plantation : 3,5 mois après bouturage-photo du 16.8.84)
 4. Production obtenue à partir d'un tubercule(15 à 35g) issu d'une bouture

Il manque bien-sûr à ces propositions une évaluation précise de leurs impacts positifs ou négatifs sur les coûts de production. Si pour la fragmentation on peut supposer négligeable le temps supplémentaire entraîné par la découpe des semences et leur disposition au terrain, il n'en est peut-être de même pour le sevrage-repiquage par rapport à une fragmentation équivalente. Mais, le problème n'est pas simple. Il l'est encore moins dans le cas du bouturage. Un arrosage régulier est nécessaire pour la phase d'installation, sans oublier la nécessité d'un substrat de qualité pour la reprise des boutures. Ces évaluations pourraient être discutées dans le cadre d'unités de démonstration des vulgarisateurs.

Pour aller plus loin il faut peut-être, tout en explorant de façon systématique l'effet de facteurs de croissance (substrats mieux équilibrés, lumière, température, substances de croissance comme la gibberelline), recourir à des études plus fondamentales sur l'organogénèse de ces espèces en tenant compte des variations intraspécifique probables.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMEYAW C.E.G et al. 1985. Yam propagation. VIIth Intern. Symp. in Trop. Root Crops. Guadeloupe.
- CABANILLAS E. et MARTIN F.W. 1978. The propagation of edible yams from cuttings. J. of Agric. of Univ. Puerto-Rico, 62, 3, pp. 249-254.
- CLAIRON M. 1978. Pratique de la culture traditionnelle de l'igname *D. alata* en Grande-Terre (Guadeloupe). Nouv. Agron. Antilles-Guyane, 4, 2, 87-97.
- CLAIRON M. et ZINSOU C. 1980. Etude des plantations du tubercule sur la croissance et le développement. Séminaire Intern. sur l'Igname. Guadeloupe. Versailles : INRA-SERVICE des Publications, 1981 pp. 125-141 (Les colloques de l'INRA ; 2)
- COURSEY D.G. 1967. Yam. Longmans, London, 230 pp.
- FERGUSON T.U. 1980. Agronomic aspects of yam production in the Commonwealth Caribbean. Séminaire Intern. sur l'Igname. Guadeloupe pp. 49-59.
- IGBOKWE M.C. et al. 1985. Recent advances in the development of the minisett technique for large scale production of seed yams.
- MANTELL S.H. et HAQUE S.Q. 1977. Three techniques for rapid clonal propagation of white Lisbon yam (*Dioscorea alata* L.) XIVth Meeting CFCS. Guadeloupe-Martinique. Nouv. Agron. Antilles-Guyane 3, 3/4, 413-427.

- MARTIN F.W. et DELPIN H. 1969. Techniques and problems in the propagation of sapogenin-bearing yams from stem cuttings J. of Agric. Univ. Puerto-Rico 53 (3) 191-198.
- MATHURIN P. et DEGRAS L. 1974. Effects of division levels of seed tubers on yam *D. alata*, *D. trifida* germination and yield. Proceedings XIIth Annual Meeting CFCS. Jamaica pp. 52-56.
- MATHURIN P. 1982. Nouvelle contribution à la multiplication végétative de l'igname : sevrage et repiquage répétés des tubercules de *D. alata* cv. Pacala. Thèse Docteur-Ingenieur n° 72/82. Fac. des Sciences (Abidjan).
- MATHURIN P. 1985. Quelques aspects de la production d'igname à partir de plants issus de boutures de tiges chez *D. cayenensis* et *D. alata*. Ann. Univ. Abidjan série C XXI 23pp
- MIEGE J. 1957. Influence de quelques caractères des tubercules semences sur la levée et le rendement des ignames cultivées. J. Agric. Trop. Bot. Appl. IV (7/8) 316-342.
- OKIGBO B.N and IBE D.G. 1973. A new method of yam propagation *D. rotundata*. 3rd Intern. Symp. in Trop. Root Crops. Ibadan.
- OYOLU C. 1978. Inherent constraints to high productivity and low production cost in yam (*Dioscorea* spp.) with special reference to *Dioscorea rotundata* Poir. Séminaire Intern. sur l'Igname. Buea, Cameroun pp. 183-194.
- WILSON J.E. 1978. Recent developments in the propagation of yam *Dioscorea* spp. Cf. MIEGE, LYONGA ed. 1982 pp. 55-59.

EFFECT OF DELAYED PLANTING AND CHEMICAL TREATMENT ON THE PERFORMANCE OF YAMS GROWN FROM MINISSETTS

*(Effet de la plantation tardive et des traitements chimiques des
minifragments sur les performances de la culture d'igname)*

A.O. NWANKITI and L.S.O. ENE
National Root Crops Research Institute
Umudike
P.M.B. 7006
UMUAHIA, NIGERIA

SUMMARY

Experiments were carried out to evaluate the potentials of curing and use of wood ash seed dressing as an alternative to chemical seed dressing of yam setts, before planting, especially for commercial production of seed yams by the minisett technique. Curing was at the ambient temperature for periods of 1, 2, 3, 4 and 5 days. These were compared with treatment with two recommended seed dressing chemicals (Thioral and Aldrex T).

Curing of yam minisetts for 3 days and above resulted in high moisture loss and rapid drying of the cut surfaces.

There were no significant differences in the rate of germination and final percentage sprout between yam setts treated with chemicals and those cured for one or two days. There was delayed sprouting and very low percentage sprout when curing extended up to 3 days and above.

Reductions in leaf area, leaf area index, number of leaves and final tuber yield at harvest occurred when curing extended up to 3 days. These parameters did not differ significantly between yam setts cured for 1 or 2 days and those treated with chemicals.

Wood ash from oil palm inflorescence was as good as any of the chemicals used.

RESUME

Des expérimentations ont été réalisées pour évaluer les potentialités du CURING en substitution à l'enrobage chimique des fragments d'igname avant plantation et ce pour la commercialisation des semences d'igname par la technique des minifragments. Le CURING a été réalisé à température ambiante pendant 1, 2, 3, 4 et 5 jours en comparaison avec deux traitements par des produits d'enrobage chimique recommandés : Thioral et Aldrex T.

A partir de 3 jours et au delà le CURING des minifragments a entraîné une forte perte d'humidité et un dessèchement important des surfaces sectionnées.

Il n'y avait pas de différence significative de taux de germination et de pourcentage final de germes entre les fragments traités avec les produits chimiques et ceux traités par CURING pendant 1 à 2 jours. Il y a eu un retard de levée et un pourcentage faible de germes quant le CURING était prolongé à 3 jours et plus.

Il y a eu réduction de la surface foliaire, de l'index de surface foliaire, de la longueur des tiges, du nombre de feuilles, du rendement en tubercule à la récolte quand le CURING a été prolongé à 3 jours. Ces paramètres ne diffèrent pas significativement pour les fragments traités par CURING pendant 1 à 2 jours et ceux traités chimiquement.

La cendre de l'inflorescence du palmier à huile était aussi bonne que chacun des produits chimiques utilisés.

INTRODUCTION

Yam (*Dioscorea* spp.) is an annual climber that is best propagated by means of the tuber which is a stem structure (BURHILL, 1960 ; NJOKU, 1963). The yam crop, a starchy food, is one of the most expensive sources of calories in human diet in the tropics. Nevertheless, it still plays an important role in socio-economic lives of the people, especially in Nigeria. Because of its demand, and the high cost of production and low multiplication ratio, there is a need to find methods of improving the multiplication ratio of yams (OKOLI, 1978), to increase the amount of "seed" available for "seed" and ware-yam production.

The development of the minisett technique at the National Root Crops Research Institute was therefore indicated. Prior to the development of the minisett technique, OKOLI, (1978) developed the segmentation method. The segmentation method made use of small setts with reasonable food reserves and vigorously growing sprouts, but the technique, which involved carving out sprouted segments from the main tuber, was laborious and expensive. The minisett technique which consisted of cutting up seed yam tuber (200 - 500 g

wt.) into 25 g - 3.0 g setts was more practical and less expensive (OKOLI et al) 1982. Because of the small size, the little food reserve and the amount of cut surface exposed to micro-organisms (such as *Fusarium moniliforme*, *Botryodiplodia theobromae* and most importantly *Sclerotium rolfsii*) were (NWANKITI, 1982), the initial vigour of the sprouts was generally poor and establishment was uncertain.

Protective fungicides were, therefore, applied to the minisetts before planting. However, some of the fungicides were not quite safe considering that Nigerians roast and boil yams with their periderm before eating. Many farmers who have decided to go into commercial production of seed yams, find that the cut minisetts were not planted till after three or four days because of the amount of materials they handled. An alternate approach to overcome the difficulty of procurement of chemicals and probably the hazards involved in using the chemicals is to cure the minisetts.

The objective of this study were to : evaluate the effect of delayed planting for a few days and treatment of cut setts with wood ash on germination and establishment of minisetts as compared with chemically treated ones ; and to determine the effect on yield and yield components.

MATERIALS AND METHODS

In 1983, (16/5/83), healthy tubers of cv. Nwopoko (*Dioscorea rotundata*) stored for 5½ months and weighing between 200 and 1000 grams and commonly grown in Nigeria, were cut to the minisett sizes of 25 g. These were either dipped in solutions of Thiabendazol or suspensions of Benlate each at 3000 ppm for 16 hours or treated with dusts of a range of chemicals namely Thiabendazol, Benlate, Aldrex T and Fernasan D at 1.3 kg/ha. Yam setts in each treatment were spread out in a well - ventilated room under uncontrolled ambient conditions (temperature between 26 and 38°C and Rh between 66 and 85 per cent). There was a control of freshly cut setts with no chemical treatment.

This experiment was carried out using sandy loamy soil medium on a site left fallow for 3 years. Three randomized blocks each of 18 plots 6 x 1.75 m for each plot were used. Each of the chemical treatment and the control was divided into 4 planting dates at 1 day interval. Sowing was at 25 cm spacing on the ridge. Staking was done one week after sowing using small stakes of *Acacia barteri*.

In 1984, (17/5/84) two cultivars of *Dioscorea rotundata* namely cv. Nwopoko and cv. Okwocha which were in storage for 5 1/2 months were used for confirmation. These were cut to the minisett sizes of 25 g. They were treated with Thioral or Aldrex T each at 1.3 kg/wt or with wood ash from two sources (Oil palm inflorescence and *Eupatorium odoratum*,. The chemical composition of the wood ash are :

	K	Ca+Mg	%NA	% N
Wood Ash (oil palm inflorescence)	4.69	189	.04	.07
Wood Ash (<i>Eupatorium odoratum</i>)	1.28	113.5	.04	.14

The wood ash from the two sources were used at 10 kg/wt. Control treatments consisted of setts cut and kept at uncontrolled ambient conditions (temperature between 26 and 30°C) and Rh between 66 and 85 per cent).

The thickness of the cut surfaces were measured and setts reweighed at each planting date. Seed setts treated with chemicals and wood ash were planted immediately after treatment. Three randomized blocks each of 18 plots of 6 x 1.75 m for each plot were used. Sowing was done at 25 cm spacing on the ridge to about 6 cm depth. Staking was done one week from sowing using stakes of *Acacia barteri*, of about 2 metre heights.

Germination scores were started 4 weeks after sowing and subsequently at 7 days interval, until no more germination was observed.

In each plot the last two stands on the last two ridges (except where no germination occurred in which case the third or the fourth ridge was used) were sampled for leaf area index and total leaf area 52 (daf), 82 (daf) and 104 (daf). The rest were harvested for yield determinations after 8 months.

RESULTS

Cured Minisetts :

Immediately the tubers were cut, exposed surfaces quickly darkened in colour especially in cv. Nwopoko. After about 3 to 4 hours of cutting, the exposed surfaces became covered with white milky substance which later coated the surface. Within a period of 3 days, sections cut at right angles to the original cut surface revealed that a dark dry layer had been formed. In some of the cut surfaces an inner thin layer which blocked off the healthy layer from the dried layer was formed. The dry outer layer increased up to 5 mm in cv. Okwocha and up to 6 mm in cv. Nwopoko. Weight loss of the cut minisetts increased from 20.4 per cent on the 3rd day to up to 30.4 per cent on the 5th day for Okwocha and 32.4 per cent for cv. Nwopoko. On the 4th day, 12.5 per cent of the cut setts were mouldy which increased to 33.3 per cent on the 5th day for Okwocha and 40 per cent in Nwopoko. Organisms isolated from some of these were *Aspergillus* sp. and *Bortryodiplodia theobroma*. No isolations were obtained from some of the dried surfaces.

TABLE 1 : EFFECT OF CURING MINISETTES 1 TO 5 DAYS UNDER AMBIENT UNCONTROLLED CONDITIONS ON WEIGHT LOSS, SURFACE DRYING AND MOULD.
(1984)

Curing Period (days)	Weight Loss %		Surface thickness (mm)		Mould % infected	
	cv Okwocha	cv Nwopoko	Okwocha	Nwopoko	Okwocha	Nwopoko
1	3.2	3.1	*	*	0	0
2	9.2	7.6	*	*	0	0
3	20.4	20.8	3 $\pm$.5	1.5 $\pm$.3	5.6	4.1
4	26.0	27.6	3.5 $\pm$.5	4.5 $\pm$.7	12.5	16.7
5	30.4	32.4	5 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1.2	33.3	40.0

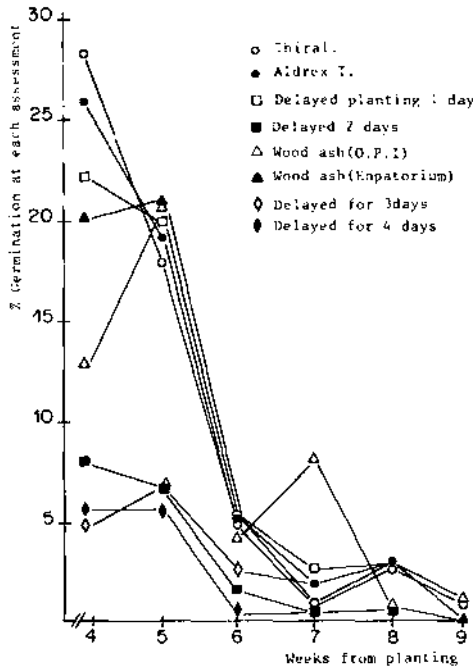


Fig.1 : Effect of chemical seed dressing and delayed planting of non-treated setts on germination

**TABLE 2 : EFFECT OF CHEMICAL TREATMENT AND TIME OF PLANTING
AFTER CHEMICAL TREATMENT ON SPROUTING OF MINISETTES.
FROM cv. OBIATURUGO OF *D. rotundata*
(1983)**

Pre-planting Treatments	Means % Germination Cumulative total
Fernasan D	16.10
Aldrex T	60.16
TB2 Dust	47.67
TB2 liquid	42.58
Benlate Dust	37.73
Benlate liquid	33.58
Control	53.24

LSD < 0.01

2.8

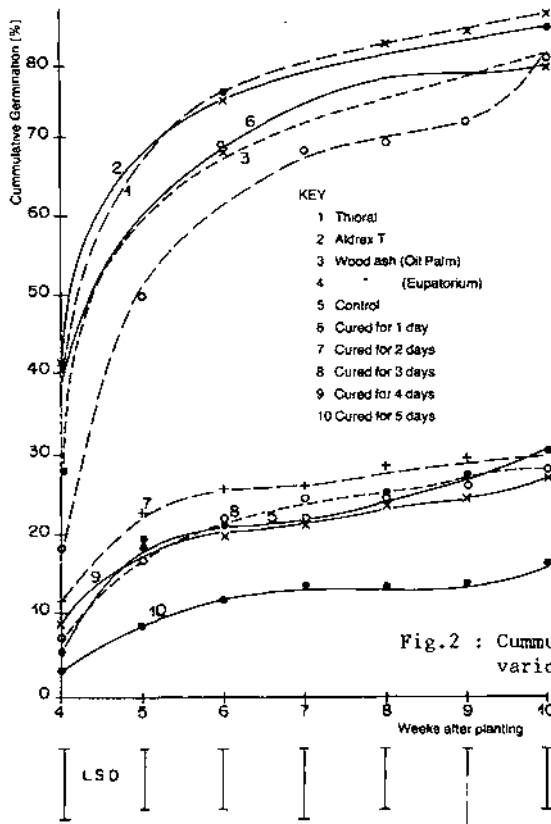


**Fig.2 : Cumulative % germination following
various pre-planting treatments(1984)**

Germination :

Table 2 shows percent cumulative germination for the preliminary trial in 1983. The result was inconsistent, especially with the flowable concentrates. Some of the cut setts treated with flowable concentrate of Benlate and Thiabendazol became mouldy by the third day. However, percentage sprout was significantly ($P < 0.01$) affected by type of chemical used and time of planting minisetts. Aldrex T chemical was best followed by air curing. There was a significant interaction between chemical and time of planting of treated setts.

Table 3 shows cumulative germination taken 40 days from planting and subsequently at 1 weekly interval for 1984 trials. At forty days from planting Thioral gave significantly ($P < 0.05$) higher percentage germination over all the other treatments (42.2 per cent), while curing from 1 day treating with Aldrex T and wood ash gave significantly ($P < 0.05$) higher percentage germination over curing for more than one day. The trend continued until after 68 days from planting when treating with Aldrex T, Thioral wood ash and curing for 1 day were not significantly different in percent germination, but were significantly different ($P < 0.05$) from curing for over 1 day. Final percentage germination count taken 82 days from planting (Table 3) shows that there were no significant differences between treatment with Thioral, Aldrex T, wood ash and curing for 1 day (84.9, 86.9, 79.9, 81.0 and 79.6 per cent respectively). These scores significantly differed from curing for between 2 - 5 days and planting immediately after cutting. There were significant interactions ($P < 0.05$) between cultivars and chemical treatment and curing.

Figure 2 indicates that highest number of setts either cured for 1 day or treated with Thioral or Aldrex T germinated after 30 days from planting while treatment with wood ash and curing for 2 - 5 days produced their highest number of sprouts planting, 37 days from planting (daf).

In all the treatments, percent number of setts that germinated at each assessment decreased with time ; except with wood ash where a slight increase was obtained at 51 days over the 44th day from planting. Results Table 4 shows leaf number which represent vigour of the growing plants. Stands from setts treated with Aldrex T or Thioral or cured for 1 day produced significantly ($P < 0.05$) higher number of leaves (181.7, 147.5 and 151.5) respectively than wood ash and curing for above 2 days, at the first sampling (4 months after planting).

At 60 days (daf) the trend was the same as at (dap), but stands treated with wood ash produced as many leaves as stands from setts treated with either Thioral, Aldrex T, or cured for 1 day. Total leaf areas followed the trend obtained for number of leaves. Three periods of sampling for leaf area index (LAI) indicated that curing for 1 day gave LAs of 2 :

**TABLE 3 : CUMULATIVE PERCENTAGE GERMINATION FOLLOWING
VARIOUS PRE-PLANTING TREATMENTS.
(1984)**

Pre-planting Treatments	Percentage Cumulative germination						
	18/6/84	25/6	2/7	9/7	16/7	23/7	14/8
Thioral	42.2	69.5	76.6	78.6	81.4	82.9	84.9
Aldrex T	38.9	67.8	75.8	79.4	83.3	84.5	86.9
Wood Ash (Oil Palm)	19.4	51.2	57.2	68.7	70.2	72.6	81.0
Wood Ash (Eupatorium)	29.4	60.8	69.8	71.8	76.2	78.6	81.0
Control - freshly cut setts	6.2	19.5	21.5	22.6	25.6	26.8	31.6
Curing for : 1 day	33.3	61.1	68.7	73.5	78.6	78.6	79.8
2 days	11.9	23.0	25.8	26.5	28.9	29.8	30.6
3 "	7.2	17.5	22.2	25.0	25.0	27.8	28.6
4 "	9.2	19.0	20.2	22.2	24.2	25.0	27.6
5 "	3.6	8.4	12.3	13.9	13.9	14.3	17.1
LSD < 0.05	8.8	7.3	7.8	8.4	7.6	9.9	7.7

**TABLE 4 : AVERAGE NUMBER OF LEAVES PER STAND OF YAMS
FOLLOWING VARIOUS PRE-PLANTING TREATMENTS OF
MINISETTS FROM cv. OBIAOTURUGO OF D. ROTUNDATA
(1984)**

Pre-planting Treatments	Average	Number of Leaves at
	52 (DAF)	104 (DAF)
Thioral	147.5	188.7
Aldrex T	181.7	145.7
Wood Ash (Oil Palm)	107.3	196.8
Wood Ash (<u>Eupatorium</u>)	128.2	191.7
Control - freshly cut setts	84.1	101.2
Curing : for 1 day	151.5	142.0
2 days	110.7	107.7
3 "	62.7	58.3
4 "	61.8	90.7
5 "	47.0	54.5

LSD < 0.05

15.14

24.07

or daf

dfp

TABLE 5 : LEAF AREA INDEX OF YAMS GROWN FROM MINISSETTS
FOLLOWING VARIOUS PRE-PLANTING TREATMENTS
(1984)

Pre-planting Treatments	Leaf	Area	Index
	52 (daf)	82 (daf)	104 (daf)
Thioral	1.7	1.5	1.3
Aldrex T	2.1	2.3	1.0
Wood Ash (Oil Palm)	1.5	2.0	1.6
Wood Ash (<u>Eupatorium</u>)	1.8	1.9	1.6
Freshly cut setts	1.2	1.05	.93
Curing : for 1 day	2.0	2.1	1.4
2 days	1.8	1.3	1.1
3 "	.92	1.1	.5
4 "	.98	1.2	.5
5 "	.38	.64	.4

LSD < 0.05

.81

.78

.48

daf

for dfp

2.1 and 1.4 respectively for the three periods (Table 5) while curing for over 2 days. The highest LA was reached at the second sampling (4 months from planting) for all the treatments. Subsequently leaf area fell and very drastically when cured for over 2 days. Tuber yield values obtained at harvest 7½ months from planting reflect similar pattern, (Table 6). Setts treated with thioral and Aldrex T yielded more tubers (significantly $P < 0.05$) than setts treated with wood ash and setts cured for 1 day. The yield were 5.58, 5.87, 4.58 and 4.81 t/ha for Thioral, Aldrex T, wood ash and curing for 1 day respectively. But delayed planting for 2 days reduces yield by 70.9, 72.4, 64.6, 66.3 per cent over treatment with Thioral, Aldrex T, wood ash or curing for 1 day. If the delay extended up to 5 days loss in yield over the four treatments mentioned above was 84.6, 85.3, 81.2, 82.1 per cent respectively.

DISCUSSION

Uniform and high percentage germination were two factors that affected seed yam production by the miniset technique. One of the major causes has been identified as rotting of the minisets when planted in the soil (NWANKITI, 1984). Use of chemicals like Aldrex T was very useful.

This study indicates that an alternative approach to the solution of the problem of low percentage germination and problem of cost is to apply the curing technique. This study indicates that leaving cut minisets for one day under uncontrolled ambient conditions gives over 78 per cent germination and establishment with reasonably high growth vigour and high tuber yield at harvest. While planting immediately after cutting reduces the germination capacity and vigour of the plant and gives poor tuber yield at harvest, curing for three days and above before planting reduced percentage germination and tuber yield at harvest.

PRIESTLEY and WOFFENDEN (1923) advanced a general view on the headling process of an exposed parenchymatous tissue. First the walls of the cells at the surface of the exposed tissue become covered with a deposit of a fatty nature (suberin). As a result of its formation, the intercellular spaces of the tissue below the exposed surface were cut off from the external atmosphere. the rate of blocking of the healthy tissue from the atmosphere was affected by temperature and humidity (WIGGINTON, 1974). Temperatures of (40°C) and high humidity (90 per cent rh) are adequate.

When the cut tuber is placed in the ground, it is important that it should be resistant to the entry of pathogenic organisms. A freshly cut surface which has exudates on the surface when planted would attract micro-organisms and therefore, will not be resistant to micro-organisms, hence, the low germination and low yield of freshly cut setts.

A layer of suberin formed on the cut surface

**TABLE 6 : FRESH TUBER YIELD t/ha FOLLOWING VARIOUS
PRE-PLANTING TREATMENTS.
(1984)**

Pre-planting Treatments	Fresh tuber yield t/ha		
	cv. Okwocha	cv Nwopoko	Means
Thioral	8.09	3.06	5.58
Aldrex T	7.46	4.27	5.87
Wood ash (Oil Palm)	6.38	2.79	4.58
Wood ash (<u>Eupatorium</u>)	5.71	2.78	4.25
Freshly cut setts.	2.81	.75	1.78
Curing : for 1 day	6.76	2.86	4.81
2 days	2.30	.94	1.62
3 days	1.78	.33	1.06
4 days	1.41	.39	.90
5 days	1.59	.15	.86
Means	4.43	1.83	

LSD < 0.05 for cultivars 1.02

LSD < 0.05 for treatments 2.20

if left for one day two ; and when this was planted in the soil, the healing process is completed before planting. This is similar to what was observed in the practice of potato production. Our results here agree with the results on potato by PRIESTLY and WOFFENDEN (1923).

The failure of the yam minisetts kept for over two days when planted may have been due to fungus attack both in storage and in the soil, and rapid drying of the cut surface which also resulted in water loss and consequently loss of viability. The alternative of using wood ash which disinfects the surface and facilitates curing process.

In conclusion, minisetts could be planted after curing for one day provided they are not piled in heaps but loosely spread out to allow free circulation of air and even suberization of the cut surface. If kept for too long, the cut surface dries out quickly and grows mouldy. Treatment with inexpensive wood ash could substitute treatment with fungicides.

REFERENCES

- BURKHILL, I.H., 1960.- Organography and Evolution of Dioscoreaceae, the family of yams. J. Linn. Soc. (Bot.) ; 56 - 319 - 412.
- NJOKU, E., 1963.- The propagation of yams (*Dioscorea* spp.) by vine cuttings, J.W. Afr. Sc. Ass. 8 : 29 - 32.
- NWANKITI, A.O., 1983.- Effect of different levels of seed dressing chemicals on sprouting. In Annual report. NRCRI, Umudike : 53 - 54.
- OKOLI, O.O., 1977.- Stimulating axillary buds in yams (*Dioscorea* spp.) Expl. Agric. 14 : 89 - 92.
- OKOLI, O.O., IGBOKWE, M.C., ENE, L.S.O. and NWOKOYA, J.U., 1982. Rapid Multiplication of yam by Minisett Technique. NRCRI Research Bulletin N° 2, 12 pp.
- PRIESTLEY, J.H. and L. M. WOFFENDEN, 1923.- Healing of wounds in Potato tuber. Ann. Appl. Biol. 10 : 96 - 115.
- WIGGINTON, M.I., 1974. Effects of temperature, oxygen tension and relative humidity on the wound - healing process in the potato tuber. Potato Res. 17 : 200 - 214.

A REVIEW OF SEED YAM PRODUCTION BY THE MINISETT TECHNIQUE

O.O.OKOLI, L.S.O. ENE and M.C. IGBOKWE

National Root Crops Research Institute
Umudike, PMB 7006, UMUAHIA

SUMMARY

Seedyams constitute 33-50 per cent of the total outlay in yam production. The traditional method of producing seed yams involves cutting up one seed yam into four pieces (setts) each weighing 150 g. Each sett yields 600 g seed yams that cost ₦1.00 each. This means an outlay of ₦10.000 worth of seed yams to plant one hectare for ware yams. The minisett technique, developed by the National Root Crops Research Institute, Umudike by 1982 has been under field evaluation by Nigerian farmers in the last two years and is aimed at eliminating the constraint imposed by shortage and high cost of seed yams. This paper describes the technique, and reviews the major research efforts at Umudike that have led to the development of the technology. A profit of about ₦3000/ha or more can be realized by farmers who adopt the technique. The cost of producing seed yams is reduced from ₦60 k/kg to 20 k/kg. This technique if properly harnessed will revolutionise yam production in the World and offer farmers a reliable method of economic large scale production of seed yams.

RESUME

Les ignames de semences constituent 33 à 50 pour cent du coût total de la population d'igname. La méthode traditionnelle de production des ignames de semence comporte la fragmentation en quatre d'un tubercule, chaque fragment pesant 150 à 300 g. De chacun d'eux on récoltera environ une igname de semence de 600 g revenant à 1 naira. Il s'en suit une charge d'environ 10 000 nairas pour planter un hectare d'ignames commercialisables. La technique des minifragments, développée par l'Institut National de Recherche sur les cultures de tubercules (Umudike) testée en plein champ par des exploitants nigériens au cours des deux dernières années, vise à éliminer la contrainte imposée par

la pénurie et le coût des ignames de semence. Cette publication décrit la technique et passe en revue les recherches principales qui l'ont engendrées. Les exploitants adoptant cette technique peuvent réaliser un profit d'environ 3000 Naira/ha et plus. Le coût de production des ignames de semences est réduit de deux tiers environ. Cette technique correctement aménagée révolutionnera la production mondiale d'igname et elle offre aux exploitants une méthode fiable de production économique d'igname de semence à grande échelle.

INTRODUCTION

During the 1984 planting season, 500 g. seed yams cost up to one Naira (\$1.40) each in most local markets in Nigeria. This means an outlay, of N10,000 for seed materials to plant one hectare. Although other costs especially labour will be incurred in planting, staking, weeding and harvesting, it is seen that the cost of seed yams accounts for a disproportionate outlay in yam production. Cost of seed yam is put at more than 50 per cent of total production cost of ware yams in Nigeria. This high cost of seed is partly the reason why farmers cannot grow yams extensively in spite of high prices fetched by ware yams in the local markets.

The traditional method of producing seed yams involves cutting a seed yam into 4 pieces called setts. Each sett weighs 100-300 depending on location and tradition. The setts are then planted and seed yams weighing 200-1000 grams are produced. With this low multiplication ratio of 1:4, the number of seed yams produced is small. A "seed" yam production ratio (weight planted : weight harvested) ranging from 2.8 to 5.1 for cultivars of *D. rotundata* is normal. Other yam species except *D. alata* had even lower ratios. This low multiplication ratio in yam compares poorly with the grain crops. In maize (*Zea mays*) for instance, a seed planted may produce 2 cobs each having up to 200 seeds : a multiplication ratio of 1:400. The need therefore existed for a method of rapidly multiplying yam planting materials. The minisett technique was developed to fill this need.

The minisett technique involves - cutting a yam tuber into 2 cm thick quadrants weighing approximately 25 g and planting them after dusting with an insecticide/fungicide blend. A large number of investigations were carried out into the field handling of the small setts. This report is a review of findings in the agronomy of seed yam production by the minisett technique. It also attempts to indicate areas that need further investigation for full utilisation of this promising seed yam production technology.

SPECIES RESPONSE TO THE MINISETT TECHNIQUE

OKOLI, IGBOKWE and NWOKOYE (1981) showed that *D. alata* yielded higher than *D. rotundata* cultivars when planted as

minisett. *D. alata* cultivars showed yield potentials of 33-45 t/ha as opposed to 9-14 t/ha in *D. rotundata* cultivars. IGBOKWE (1982) evaluated 9 cultivars from 4 yam species - *D. rotundata* cvs. Nwopoko, Obiaoturugo, Okwacha, Abi and Ekpe ; *D. alata* cvs. UM 680 and Ominelu ; *D. cayenensis* cv. Okumanu and *D. dumetorum* cv. Ona for their response to the minisett technique of seed yam production. Cultivars varied in their multiplication ratios (weight harvested/weight planted) as well as in the percentage of saleable tubers (weighing 200 and above) produced. While *D. alata* cv. Ominelu had a multiplication ratio of the range 10-24, *D. rotundata* cv. Nwopoko had a range of 3-6. Similarly, while *D. alata* cv. Ominelu had 81 per cent of the tubers produced weighing more than 200 g, *D. rotundata* cv. Nwopoko had 44 per cent and *D. dumetorum* cv. Ona had 48 per cent of the tubers weighing more than 200 g. ALVAREZ and HAHN (1983) evaluated clones of *D. rotundata* in a nursery bed for production of seed yams using the pre-sprouted minisett technique. They showed that only 4 clones gave enough germinated material for transplanting to the field early enough. This shows the great variation in the rate of sprouting among cultivars and consequently their potential for seed yam production using the minisett technique. The seed yam yields varied among the 4 clones grown. Tuber yields ranged between 80 g and 1,252 g with a mean of 400 g.

OYOLU (1984) used both traditional seed yams and ware yams of *D. rotundata* cv. Nwopoko to produce minisett for planting at Nsukka, Nigeria. He noted that while 16-24 minisett were obtained from seed yams, 48-80 were obtained from ware yams. This however did not affect the cost of the minisett in each case which was calculated to be ₦.02-₦.03 nor their performances in the field. ALVAREZ, HAHN and OTOO (1983) transplanted pre-sprouted minisett of *D. rotundata* cv. Abi and 6 water yam (*D. alata*) varieties in June spaced 50 cm on ridges 1 m apart and covered with plastic mulch. They showed that the total number of seed yams and percent marketable tubers per plot varied significantly. Fresh weight yields ranged from 10.87 t/ha (TDa 297 - *D. alata*) to 13.24 t/ha for Abi (*D. rotundata*). Similarly, number of marketable seed yams per plot varied from 51.68 per cent to 96.74 per cent. On per plant basis, the number of marketable seed ranged from 1.05 for TDa 5 to 1.70 for Abi. These indicate important species and clonal responses to the minisett technique of seed yam production.

Sett Size Effects

It has been shown that any piece of healthy yam containing the periderm can be made to sprout and grow to yield a tuber. In the minisett technology however, the effort is to obtain sizeable seed yams (greater than 200 g) from small setts. In studies to determine the optimum sett size for seed yam production, IGBOKWE and OKOLI (1982) evaluated 4 sett sizes (15, 30, 45 and 60 g) and 3 widths of periderm (2, 3 and 4 cm), using 2 cultivars from 2 yam species. Results

showed that the bigger the sett size, the higher the yield both in total tuber weight and in the percentage of saleable tubers (weighing more than 200 g). However, 15 and 30 g setts gave identical percentage yield of saleable seed yams, in both cultivars. It would therefore appear that nothing will be gained by planting sett sizes greater than 30 g for seed yam production. There was no significant difference in yields as a result of the periderm width. This is understandable since sprouts develop in yam by stimulation of epidermal cells rather than from specialised "eyes". This fact has been further exploited in the production of seed yams by use of "microsetts" pieces weighing between 5 and 10 gm. Scientists at IITA (ANON, 1983) have cut up to 50 microsetts from one mother tuber. IGWIL0 (1982) used 5 hormones - Indole Acetic acid (IAA), Gibberellic Acid (GA₃), Benzyladenine, Chloroethanol and Thiourea - at different concentrations to induce uniformity in time of sprouting of planted minisetts. He showed that all hormones at the concentrations investigated suppressed and delayed sprouting to varying degrees. ALVAREZ and HAHN (1984) used different concentrations naphthalene acetic acid (NAA) and 6 benzylamino purine (BAP), singly and in combination to induce uniform sprouting and growth. They reported that 500 and 1000 mg/L of NAA greatly increased the percentage of surviving *D. rotundata* that rooted but not *D. alata*. BA at 500 mg/L reduced percentage survival, total number and length of roots in *D. rotundata* but not in *D. alata*. NAA-BA combination had the poorest root formation.

CULTURAL MANAGEMENT OF MINISETTES

(a) Seed Dressing

In minisetts, a good deal of cut surface is exposed for possible entry of rot causing organisms. OKOLI et al (1982) used Aldrex T (a fungicide and insecticide combination) to protect the cut surface in order to minimize rotting. NWANKITI (1982) evaluated 5 chemicals - Aldrex T., RE49 (Halophen), Thiram, Thiabendazol and Benlate in powder formulations for their effectiveness in protecting yam minisetts from rotting and hence on their yield. None of the chemicals was to the yam plant. It appeared that treatment with Thiram gave the lowest incidence of *Sclerotium rolfsii*. The chemicals seemed to have no effect on *Botryodiplodia theobromae* and *Fusarium* spp. - other rot causing organisms.

Sprouting was also better in Thiram than in the control. No significant yield differences were observed.

NWANKITI (1983) evaluated chemicals along with "curing" (leaving in the open for up to 4 days before planting). He found that yams planted 3 days after cutting sprouted as well as those treated with the best chemical. He therefore proposed that curing caused suberization and development of a wound periderm which acted as effective

barrier against rot organisms. ATU (1983) showed that mixtures of benlate and carbofuran at the rate of 1:1 was as effective as Aldrex T in ensuring sprouting of minisetts.

(b) Seedbed Preparation

Seed yams be planted on ridges, mounds or flats in different parts of Nigeria, IGBOKWE and ENE (1982) compared the effect of planting on ridges, mounds or flat on the performance and yield of yam minisetts. Although no significant yield differences were recorded (88.7 per cent, 85.6 per cent and 90.0 per cent saleable tubers for mounds, flat and ridges respectively), it was observed that establishment count was less and harvesting more difficult in plots planted on the flat. IGBOKWE et al (1983) included planting on the bed in the comparison ; again, there were no significant yield differences between the different seed bed preparations.

On loose sandy loam or alluvial soils, minisetts may be planted on flats, while on clay or heavy loam soils, planting on ridges or mounds should be preferred.

(c) Planting Minisetts

Seed yams are usually planted 10-15 cm below the surface of mounds or ridges. Observations had shown that minisetts planted at depths less than 5 cm from the surface were soon exposed by heavy rainfall. They then dry up and fail to sprout. Enyinnaya (1983) investigated the effect of depth and orientation of planting on the sprouting and yield of minisett yams. Depths 3, 6, 9 and 12 cm of planting were investigated while orientations consisted in placing the periderm side up, down or sideways. At 12 weeks after planting, there were no differences in the sprouting of the minisetts either as a result of the depth or orientation of planting.

(d) Spacing of Minisetts

Seed yams are usually closer spaced than ware yams. Spacing varies but populations for seed yams are 20-30,000 plants/ha. OKOLI, IGBOKWE and NWOKOYE (1981) investigated the effect of stage of transplanting propagules (pre-sprouted minisetts) on the yield of seed yams. Propagules were transplanted at the zero, one, two and three leaf stages. No significant differences were obtained in the yield of the treatments although yams transplanted at the zero - and one - leaf stage showed minimum transplanting shock. Transplanted propagules survived readily achieving 87 - 96 per cent establishment 12 weeks after planting.

For transplanted propagules, total tuber yields increased significantly when the population increased from 20,000 to 40,000 plant/ha. for both *D. rotundata* and *D. alata*. Further increases up to 100,000 stands/ha had no significant effect on yield. They concluded that 25 cm spacing within the row and 1 m between the rows seems adequate for yams established using propagules. For directly sown minisetts, no significant difference in total tuber yields was found due to plant population but the percentage of saleable seed yams weigh 200 g each or more up to 1000 g was higher at lower plant populations (20,000 and 40,000 plants/ha). IGBOKWE, OKOLI and ENE (1982) compared minisetts populations of 25, 50 and 100,000 plants per hectare established directly in the field. The effects of inter - (50 and 100 cm) and intra - (10, 20, 40, 80 cm) row spacings were investigated. The highest total tuber yield (19.94 t) was produced at a population of 100,000 plants/ha. However, only 59 per cent of the yield was saleable. On the other hand, 75.2 per cent of the 7.67 t produced in 50,000 plants/ha plot and 72.5 per cent of the yield in 25,000 plants/ha sown 25 cm without the row and 100 cm between the rows is recommended for each ease of mechanization.

(e) Fertilization

Conflicting reports have been given on the response of yams to fertilization in different areas and no standard recommendations have been made for yam production in Nigeria. IGBOKWE, OKOLI and ENE (1982) investigated the effect of 0, F_1 and F_2 rates of fertilizer (where 0 = No fertilizer applied F_1 = mixture of 50 kg N, 50 kg P_2O_5 ; 70 kg K_2O and 10 kg MgO ; F_2 - twice F_1) applied in a single dose 12 weeks after planting on the yield of yams established from minisetts. There was no significant yield increase over the control as a result of fertilization.

A mixture of 75 kg N, 45 kg P_2O_5 , 90 kg K_2O and 15 kg MgO was applied to minisetts at planting 2, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks after planting at Umudike. One cultivar of *D. alata* and one of *D. rotundata* were used in the evaluation. With the *D. alata* cultivar, highest yields were obtained for fertilizer application made 8-10 weeks after planting. The results were however inconsistent with *D. rotundata*.

(f) Staking

Supporting yam vines on stakes or trellises has been shown to increase tuber yield in most cultivars. The need to stakes yams established from minisetts appears critical in view of the small and tender nature of the vines produced. In a study to determine (a) the effect of staking, (b) height of staking (c) type of staking on the yield, ENYINNAYA (1982) showed that :

(i) staking increased the tuber yields

(ii) that height of staking in excess of 1 metre did not increase yield

(iii) that the number of yams trailed on one stake did not affect yield significantly.

In 1983 season however, ENYINNAYA, IGBOKWE and IBEZIM showed that while yams staked singly gave the highest tuber yield of 15.02 t/ha, compared with 10.3 t/ha for unstaked yams, the cost of staking (cost of stakes and of labour for placing them) rose to 69.19 per cent of the total cost of production and different significantly from other treatments.

In other studies, intercrops of maize, sorghum and millet were planted at various populations to serve also as stakes for yams grown from minisetts (ENYINNAYA, 1982). It was shown that maize at 5,000 stands/ha could be used to support yam vines without appreciably decreasing the yield of yams. Sorghum and millet depressed yields of yams substantially probably because of profuse tillering in those crops.

ALVAREZ and HAHN (1983) used a modified staking system in arched $\frac{1}{2}$ inch PVC pipes supporting 4" plastic mesh. They showed that this staking method allowed the plants to make a canopy which subsequently suppressed weeds. They also showed that while the bamboo stakes were readily infested with termites before harvest, the PVC pipes and plastic mesh provided good material for staking and not damaged by termites and could be re-used for several years.

(g) Weed Control

Although yams produce a lot of leaves, the architecture of the plant is such that the canopy hardly covers the ground. Thus, weed growth is encouraged. In seed yam production using minisetts, there is the added disadvantage that sprouting is delayed and the sprouts are weak and tender offering no effective competition to weeds. UNAMMA and MELIPONWU (1983) showed in their two years study that the critical period of weed interference in *D. rotundata* cv. AKALI grown from 25 g minisetts under Umudike conditions is the first 12 weeks from planting. They suggested selecting a pre-emergent herbicide that could keep the crop weedfree for the first 12 weeks of growth as "hoe weeding is tedious and uneconomic". They also showed that chloramben, Simazine Fluometuron and Linuron applied pre-emergent at the dealers recommended rate gave as good weed control as the weed-free check in a seed yam farm established from minisetts. Depending on availability and costs it would appear that any of the herbicides listed above can be effectively used for weed control in seed yam production.

ALVAREZ and HAHN (1983) used a mixture of cotoran and applied at the rate of 2 kg a.i./ha each as pre-emergence herbicide immediately after planting. They also compared the use of black and white polythylene plastic mulch placed on the plot after germination. They showed that pre-emergence herbicide combination of cotoran and dual gave very good weed control. Hand weeded plots required a minimum of 3 weedings whereas the herbicide treated plots were sprayed only once with one subsequent hand weeding throughout the growth cycle of the plants. They also noted there was no noticeable herbicidal phytotoxic effect on the plants.

(h) Harvest and Storage

Yams are usually harvested when the leaves and vines have died back. Since seed yams are planted late, they are harvested late. In traditional yam farming, seed yams are harvested as close to subsequent planting as possible. This minimizes losses in weight and rotting in storage and ensures early and vigorous sprouting when planted. Seed yams should be harvested carefully to minimize cuts and wounds. Harvested tubers should be sorted in airy, well shaded or covered barns. Although they may be stored for up to 4 months, seed yams are best planted within 3 months of harvestings them.

Economics of Seed Yam Production Using the Minisett Technique

CHINAKA et al (1983) determined the economics of 3 methods of staking yam minisett on a 4 ha. plot at Umudike. Each of the staking methods covered 1.35 ha. Although yam yields were highest (7 t/ha) under the pyramid staking method followed by the trellis method (5 t/ha) and then 4 t/ha using maize stalk method, it was found that using maize stalk for staking gave the highest net return (N2,275). Pyramid staking and trellis method gave net returns of (N2,275 and N1,125 respectively). HAHN and ALVAREZ (1983) obtained a benefit of more than \$2000/ha by using growing minisett of *D. rotundata* cv. Abi unstaked, and using herbicide combination (cotoran and dual) to control weeds. OYOLU (1984) showed that cost of producing one hectare of seed yams from minisett at NSUKKA was N2,704.75 at a yield of 28.531 seed yams weighing 200 g, profit of over 37 per cent was estimated. This did not take into account the 4,269 smaller tubers (micro tubers) also obtained.

Physiology of the Minisett Technology

The basis of the minisett technique is that any piece of yam with a healthy periderm will produce one or more sprouts when placed under favourable conditions.

IGWILO and OKOLI (1984) showed that there was variation in time, rate and percentage of sprouting among nine cultivars from four species of yams. Minisettts sprouted irrespective of the part of the tuber head, middle or tail - from where cut. Minisettts from the head region sprouted first though it is possible that dominance or polarity affected cultivars differently.

Observations showed that in yams, larger planting materials produce more vigorous sprouts, greater total vine and branch lengths and higher numbers of leaves. NJOKU, et al (1973) suggested that dependence of the new yam plant on the reserve nutrients for a considerable period delayed functioning of leaves and roots. In the minisett grown seed yams however, the reserve nutrients is small ; consequently, the new yam plant is "forced" to exploit its environment much earlier in the growth cycle.

IGWILO (1984) compared the growth and yield of yams grown from 25 gm minisettts and regular 250 g seed yams. *D. rotundata* cv. NWOPOKO and *D. alata* cv. UM 680 were used in the study. He found that the earlier stages of growth, yam plants grown from 250 g tubers had higher leaf area index (LAI) than those grown from 25 gm minisettts but that the crop growth rates (CGR) were similar for both planting materials sizes.

This suggest that at stage of growth, plants grown from 25 g minisettts had higher photosynthetic rate than plants from 250 g seed yams. Multiplication ratio or seed yield factor (weight harvested/weight planted) is specially high in minisett produced seed yams. ALVAREZ and HAHN (1984) reported 1:90 using phytohormones on microsetts pre-sprouted and transplanted. Most reported work on minisettts at NRCRI gave a seed yield ratio range of 1:20 to 1:40. In traditional seed yam production OKOLI (1981) gave a range of 2.82 for *D. rotundata* cv. Obiaoturugo to 5.07 for cv. Nwopoko. Thus, the minisett technique gives higher available yield percentage (weight harvested minus twice the weight planted) (OKOLI et al 1984) probably as a result of greater efficiency in utilizing the growth environment (better exposure of leaves to sunlight, less number of leaves and vines to feed, altered source/sink relationships etc.) OYOLU (1984) reported that "reproductive coefficient" of efficient minisett averages 800, this being more than double the value in *D. rotundata* under traditional production. Studies on source/sink relationships in minisett yams may throw some more light on the increased yield of minisett grown yams.

CONCLUSION

Small pieces of yams will grow to produce plantable seed yams if given adequate cultural management. It has been established that setts 25 g in weight and having 2 cm wide back when planted 25 cm within the ridges which are 1 m apart will produce up to 80 per cent of the yield as plantable or

saleable seed yams (each weighing 200 g or more). The minisett technique presents a rapid and cheap multiplication method for seed yams. Physiologically healthy seed yams are produced. These in turn give bigger ware yam yields. It also offers a chance to reduce the production cost of yam.

Curing the cut setts in the open air for about 3 days before planting directly into the field is recommended. Cut setts may be planted immediately after cutting if they are dusted with Aldrex T at the rate of 10 gm for 10 kg minisetts.

Planting should be as soon as rains becomes steady in the area. Cultivars of some yam species, notably, *D. alata* seem to respond best to the minisett technique.

Pre-emergent herbicides such as chloramben, fluometuron, cotolan etc. which can suppress weeds up to 12 weeks after planting may profitably be used for weed control in yam minisett fields.

Work on the fertilization of yam minisetts seems inconclusive. Similarly, indications are that higher plant populations can be further exploited with advantage for increased tuber and saleable yield. Intercrop of maize at no more than 5,000 stands/ha may be used for as staking materials for the yams. It may even be possible to drop staking if plants are planted closer especially between rows, and if a low planophile crop is interplanted with the yams.

Where nematodes occur, available nematicides may be used to control infestation and damage.

The seed yams should be harvested when the leaves and vines have died and as close to planting during the next season as possible.

Only wound-free tubers should be stored in airy, covered barns. The minisett technique of growing yams has made possible the early evaluation of clonal materials in yam breeding programmes. Similarly agronomic and physiologic studies of the yam will be simplified as planting materials can be made uniform thereby removing that source of variability.

While pre-sprouting can be used to ensure uniformity in transplanted propagules - a factor especially important in areas with short rain periods, the problem of uniformity of sprouting in field sown minisetts remains. Since minisetts take 4-12 weeks to sprout, supply to replace unsprouted materials is ruled out. Therefore studies to obtain early and uniform sprouting so as to achieve a higher percentage of field establishment needs investigations.

LITERATURE CITED

1. ALVAREZ, M.N. and S.K. HAHN 1983. Seed yam production. Paper presented at the Global Workshop on Root and Tuber Crop Propagation. CIAT. Cali, Colombia, Sept. 12-16, 1983.
2. ALVAREZ, M.N., S.K. HAHN and J.A. OTOO, 1983. Yams. In International Institute of Tropical Agriculture, Annual Report 1983.
3. ALVAREZ, M.N. and S.K. HAHN, 1984. Seed yam production. In Tropical Root Crops - Production and Uses in Africa. Proceedings of the Second Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch held in Douala, Cameroon, 14 - 19 August, 1983.
4. ANON, 1983. A system to increase Seed yam production. IITA Research Highlights, 1983. 123 pp.
5. ATU, U.G. 1983. Assay of pesticides for control of pests in yam minisett field. 1983. Annual Report of the National Root Crops Research Institute, Umudike.
6. CHINAKA, C.C., L.S. ELUAGU, H.E. OKEREKE and T. ENYINNIA. 1983. Large scale production of seed yams using maize for staking compared with the pyramid and trellis methods. Ibid.
7. ENYINNAYA, A.M. 1982. Staking studies in minisett for production of seed yams. National Root Crops Research Institute Annual Report (Technical Report) vol. I 1982.
8. ENYINNAYA, A.M, 1983. Effects of depth and orientation of planting minisett in seed yam production. 1983. Annual Report of the National Root Crops Research Institute, Umudike.
9. ENYINNAYA, A.M., G.M. IBEZIM, and M.C. IGBOKWE, 1983. Effect of height of staking on yield of seed yams produced from minisett. Ibid.
10. IGWILO, N.H. 1982. Evaluation of yam cultivars for seed yam production using minisett technique. NCCRI Annual Report (Technical Report) Vol. I, 1982.
11. IGWILO, N.H., and L.S.O. ENE. 1982. Seed bed preparation for producing seed yams using minisett technique. Ibid.
12. IGWILO, N.H., and O.O. OKOLI, 1982. Sett size for optimum percentage of saleable tubers (> 200 gm). Ibid.
13. IGWILO, N.H., O.O. OKOLI, L.S.O. ENE and M. OBASI. 1983. The influence of sett size on seed yams grown from minisett. 1983. Annual Report of the National Root Crops Re-

search Institute, Umudike.

14. IGWILO, N.S., O.O. OKOLI and L.S.O. ENE, 1982. Spacing between and within the rows in seed yam production using minisett technique. NCCRI, Annual Report (Technical Report) Vol. I. 1982.
15. IGWILO, N.H. 1982. Studies on presprouting treatments to promote uniformity of sprouting (of minisett). *Ibid.*
16. IGWILO, N.H. 1984. Comparison between the yield and growth patterns of yams grown from minisett and seed yams. Paper presented at the 20th Annual Conference of Agric. Society of Nigeria, held at Rivers State University of Science and Technology, Port Harcourt. 19-24 Aug. 1984.
17. IGWILO, N.H., O.O. OKOLI. 1984. Evaluation of yam cultivars for seed yam production using the minisett technique. *Ibid.*
18. NJOKU, E., C. OYOLY, S.N.C. OKONKWO, and F.I.O. NWOKE. 1973. The pattern of growth and development in *Dioscorea rotundata* Poir., Proc. 3rd Symp. of the Int. Soc. for Trop. Root Crops. Ibadan. Nigeria.
19. NWANKITI, A.O. 1982. Effect of chemical seed dressing of minisett on rot and sprouting. NRCRI, Annual Report (Technical Report) vol. I 1982.
20. NWANKITI A.O. 1983. Effect of chemical treatments and time of planting on sprouting of minisett. 1983. Annual Report of N.R.C.R.I., Umudike.
21. OKOLI, O.O., 1981. Parameters for selecting parents for yam hybridization. In : Tropical Root Crops : Research strategies for the 1980's. Proc. of the First Triennial Root Crops Symposium of the Int. Soc. for Tropical Root Crops - Africa Branch, held at IITA. Ibadan, Nigeria, 8 - 12 Sept., 1980.
22. OKOLI, O.O., M.C. IGBOKWE and J.U. NWOKOYE, 1981. Seed yam production studies. Annual Report 1981. N.R.C.R.I., Umudike.
23. OKOLI, O.O., M.C. IGBOKWE. 1982. Rapid multiplication of yam by minisett technique. Research Bulletin 2, N.R.C.R.I., Umudike. 12 p.
24. OKOLI, O.O., J.U. NWOKOYE and C.C. UDUGWU. 1984. Economic indices for clonal selection and breeding of yams. In : Tropical Root Crops - Production and Uses in Africa. Proc. of the Second Triennial Symposium of the Int. Society for Tropical Root Crops - Africa Branch, held in Douala, Camaroon, 14-19 August, 1983.

25. OYOLU, C. 1984. Recent approaches to seed yam production. Proc. 6th Symp. of the Int. Society for Tropical Root Crops held at Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Peru 21-26 Feb., 1983.
26. UNAMMA, R.P.A. and A.A. MELIFONWU. 1983. Evaluation of different pre-emergent herbicides for weed control in white yam (*Dioscorea rotundata*, Poir cv Akali) grown from minisett. 1983 Annual Report of N.R.C.R.I., Umudike.

THERMOTHERAPY, SHOOT TIP CULTURE, AXILLARY BUD
PROLIFERATION AND PLANT REGENERATION IN YAM
(*Dioscorea trifida* L.)

(Thermothérapie, culture d'apex, prolifération de bourgeon axillaire
et régénération de plantes chez l'igname *Dioscorea trifida* L.)

Sabastian SALAZAR S.¹ and Roberto FERNANDEZ Z.Z

Tissue Culture Laboratory, Plant Genetic Resources Unit,
Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, CATIE 7170,
P.O. Box 15 Turrialba, COSTA RICA

1. To whom the correspondence must be addressed

SUMMARY

Axillary bud proliferation in *Dioscorea trifida* L.
(CATIE introduction n° 10715) was achieved when axillary bud
shoot tips with 4-6 leaf primordia were cultured on semi-solid
Murashige and Skoog (MS) medium supplemented with several
concentrations of N⁶-isopentyladenine (2-iP) in combination
with naphthaleneacetic acid (NAA). The emerging buds were
excised and individually recultured onto semi-solid MS medium
devoid of growth regulators in order to promote root develop-
ment and recovery of complete plants.

RESUME

La prolifération de bourgeon axillaire chez *Dioscorea trifida*
L. (introduction n° 10715 du CATIE) a été réussie à partir d'apex ayant
4-6 primordia foliaire cultivé sur un milieu semi-solide de MURASHIGE
et SKOOG (MS) complété par diverses concentrations de n-isopentyladenine
(2-iP) en combinaison avec l'acide naphthalène acétique (ANA = NAA).
Les bourgeons apparus ont été excisés et repiqués individuellement
sur milieu MS semi-solide régulateur de croissance pour favoriser le
développement racinaire et parvenir à des plantes complètes.

INTRODUCTION

Yams (*Dioscorea* spp.) are an important source of
medicinal compounds such as steroids and are also a carbohy-
drate staple of subsistence farmers in several countries of
the Caribbean, Central America, Africa and Asia. With the
recent immigration of some of these peoples to the United
States and Europe these countries have initiated importation
of yams from the West Indies (4) and Costa Rica.

Yams are vegetatively propagated from tuber pieces, vine cuttings, or setts (6). These methods are ineffective for maintaining pathogen-free stock plants and increase the risk of dissemination of disease or pest infected planting materials. Maintenance of yam germplasm involves the use of field collections that are costly to maintain and may result in the loss of valuable genotypes due to natural disaster, human error, or attack by pathogens.

Tissue culture techniques for the propagation of yams include the culture of meristems for virus elimination in *D. alata* (4), and propagation utilizing cultured nodal segments in *D. alata* and *D. rotundata* (3) or from bulbil explants from *D. bulbifera* and *D. alata* (2). In *D. trifida* it has been difficult to induce roots from cultured nodal segments (1). Culture of meristems, shoot tips or axillary buds has not been reported. In our laboratory meristem and shoot tip culture are being utilized for virus elimination, propagation, and germplasm maintenance of *D. trifida* and several other tropical root and tuber crops.

This research was conducted to investigate the feasibility of inducing axillary bud development from cultured shoot tips of *D. trifida* as an alternative means of rapid clonal propagation of disease-free material. For investigators involved in yam production this may represent a viable method facilitating germplasm conservation or exchange and possibly its genetic improvement. It may also facilitate more accurate evaluation of yam germplasm.

MATERIALS AND METHODS

Yam tuber pieces of about 250 g were taken from the head of the main tuber of CATIE introduction n° 10715 2 months after harvest. These pieces were washed, soaked for 15 minutes in a solution of commercial fungicide (1 per cent, w/v Benomyl), planted in 85 x 125 mm pots containing sterilized soil and either grown in a greenhouse or incubated in a thermotherapy chamber. Thermotherapy treatment consisted of a hot air treatment of $39 \pm 1^\circ\text{C}$ for 6 weeks under 3.5 klux illumination provided by white fluorescent lamps on a 16 hr (day) photoperiod. Plants were irrigated daily and maintained under 60-80 per cent relative humidity.

When plants reached 30 cm in height, four nodes about 1.0 cm in length were taken from the apical portion of the shoots and sterilized in 10 per cent (v/v) commercial laundry bleach with the surfactant Tween 80 (2 drops/100 ml) for 15 minutes with agitation.

In an aseptic environment, and with the aid of a dissecting microscope, small leaves were removed to expose the axillary bud shoot tips. Shoot tips, 0.1 to 0.5 mm in length and possessing 4 to 6 leaf primordia, served as primary explants. These explants were rinsed in sterile water and

individually transferred to 25 x 150 mm culture tubes containing 10 ml of test media. All cultures were initiated on basal medium containing MURASHIGE and SKOOG MS salts (5) and the following in mg/liter : thiamine HCl, 0.1 ; pyridoxine HCl, 0.5 ; nicotinic acid, 0.5 ; glycine, 2.0 ; myo-inositol, 100 ; sucrose, 30,000 ; Difco Bacto agar, 7,000 ; and supplemented with 2-iP at 0, 0.5, 1.0, 2.0, and 3.0 in combination with NAA at 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, and 0.5, in a factorial experimental design with 3 replications per treatment.

The pH of all media was adjusted to 5.7 with KOH or HCl and sterilized at a constant 121°C at 15 psi for 15 min. All experiments were replicated 3 times.

Cultures were maintained at a constant 28°C and 16 hr photoperiod under 3 klux illumination. Cultures were scored visually for the occurrence of callus and axillary bud proliferation at two week intervals.

RESULTS AND DISCUSSION

No problems with culture contamination or explant oxidation were encountered. Thermotherapy treated tuber pieces sprouted and plants developed more quickly from them than from those planted in the green house. Each tuber piece produced 8 to 12 shoots which provided about 40 shoot tips for use as explants in a six week period.

One week after culture initiation shoot tips had become chlorophyllous, however no callus or further shoot development was observed. Five weeks later many small green axillary buds (usually more than 5/culture) were evident in cultures containing a 2-iP concentration of 0.5 mg/l and NAA at 0.2 mg/l. Other auxin to cytokinin ratios were also effective, but less so. (Table 1). Medium devoid of growth regulators also stimulated axillary bud development. By ten weeks after culture initiation shoot development had occurred and axillary shoots with well developed leaves, but without roots, were seen. In control cultures shoot elongation proceeded normally and individual shoots reached about 1.0 cm in height (Fig. 1). Shoot elongation was most rapid (about 3 cm after 10 weeks) in cultures containing 2.0. mg/l 2-iP and 0.5 mg/l NAA (Fig. 2).

In order to further stimulate shoot elongation and root formation entire proliferating shoot tips were transferred to basal medium. In these cultures rhizogenesis was commonly observed after 8 to 12 days. However, roots were sparse and did not elongate readily (Fig. 3). In contrast, when individual axillary buds or developing shoots were excised and transferred individually to basal medium rapid root formation and elongation was observed. This treatment also stimulated the development of secondary roots and root hairs. Subsequent shoot and leaf growth was rapid and leafy shoots were obtained after 6 weeks on basal medium. For

Table 1. Effect of the growth regulators on the promotion of multiple axillary buds sprouting on cultured axillary shoot tips of *Dioscorea trifida*.

	2iP (mg/liter)				
NAA (mg/liter)	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0
0.0	M B	M B	M B ^z	M B	-
0.1	S B	M B	M B	-	-
0.2	S B	M B	M B	-	-
0.3	S B	M B	M B	S B	-
0.4	S B	M B	M B	S B	M B ^z
0.5	S B	M B	M B ^y	-	-

SB = Single Bud

MB = Multiple Buds

z = more than 10 buds/treatment

y = between 5-10 buds/treatment



Figure 1. Many small leaves emerging from one single shoot in the control media devoid of growth regulators.



Figure 2. Shoot elongation of *V. trifida* from multiple buds with few roots.



Figure 3. Multiple buds sprouting in cultured axillary bud shoot tip culture of *D. trifida*.



Figure 4. Complete plant of *D. trifida* resulting from single bud cultured in MS semi-solid medium devoid of growth factors.

continued propagation, isolated buds were excised and recultured to basal medium supplemented with 3.0 mg/l of 2-iP and 0.4 mg/l NAA. This procedure promoted additional axillary bud development.

CONCLUSION

Multiple bud sprouting was induced in *D. trifida* by culturing axillary shoot tips in MS semi-solid medium containing several concentrations of 2iP and NAA in a factorial experiment. The results of our experiment indicate that it is possible to obtain a great number of plants from axillary shoot tips using tissue culture techniques.

ACKNOWLEDGEMENT

This research work was financed by the German Agency for Technical Cooperation (GTZ). The help of Dr. HUBERTUS HEINZE -former Head of the GTZ Plant Genetic Resources Project- in stimulating this work is gratefully acknowledged. We also want to acknowledge our appreciation to Christian Schöpe for the German translation of the Abstract, and to Nidia Guzman for the French translation of the same Abstract.

LITERATURE CITED

1. ARNOLIN, R. 1980. La culture "in vitro". In L'igname aujourd'hui et demain. Centre INRA-Antilles-Guyane. Petit-Bourg, p. 68.
2. ASOKAN, M.P., O'HAIR, S.K. and LITZ, R.E. 1983. In vitro plant development from bulbil explants of two *Dioscorea* species. HortScience 18 (5) 702-703.
3. MANTELL, S.H., HAQUE, S.Q. and WHITEHALL, A.P. 1978. Clonal multiplication of *Dioscorea alata* and *Dioscorea rotundata* Poir. yams by tissue culture. Journal of Horticultural Science 53 (2) 95-98.
4. MANTELL, S.H. 1980. Apical meristem tip culture for virus eradication of flexuous viruses in yams (*Dioscorea alata*). Tropical Pest Management 26 (2) 170-179.
5. MURASHIGE, T. and SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15 473-497.
6. WILSON, J.E. 1982. Recent development in the propagation of yam (*Dioscorea* spp.). In J. Miège and S.N. Lyonga (eds). Yams-ignames. Oxford Science Publication. London. pp. 55-59.

DEVELOPPEMENT IN VITRO DES APEX ISOLES A PARTIR
DE DEUX ESPECES D'IGNAME

SALEIL V., JONARD R.

Laboratoire d'Histophysiologie Végétale
Université des Sciences et Techniques du Languedoc
34060 MONTPELLIER CEDEX

Le développement de plantes entières est obtenu à partir de méristèmes apicaux de 0,5 à 0,7 mm de longueur pour *Dioscorea alata* et de 0,2 à 0,6 mm pour *Dioscorea trifida*.

La culture in vitro des apex de *Dioscorea* se réalisera en 3 étapes :

1) La phase de "débourrement" de l'apex pour laquelle les besoins en phytohormones et en saccharose ont été précisés. Ces substances sont associées à la solution minérale de Murashige et Skoog pour *D. alata* et pour *D. trifida* au milieu N30K mis au point par Margara.

2) La phase d'allongement des pousses feuillées est favorisée particulièrement chez *D. alata* par une diminution de la concentration en cytokinines.

3) La phase d'enracinement suivie du transfert des plantes obtenues in vitro dans les conditions naturelles de développement.

Les meilleurs résultats pour l'obtention de pousses enracinées sont obtenus en présence d'acide naphtalène acétique.

THE PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF CASSAVA TO STRESS

(La réponse physiologique du Manioc au stress)

James H. COCK & Mabrouk A. EL-SHARKAWY

CIAT

Apartado Aero 6713

CALI, COLOMBIA

SUMMARY

Cassava has gained the reputation as a crop that is highly tolerant of the stress conditions found in marginal areas for agriculture.

This paper reviews the physiological basis of this tolerance. Cassava has a long growth cycle and an indeterminate growth habit. Thus short periods of stress have little effect on the overall growth. In addition it has no critical growth periods such as flowering when short stress periods affect critical processes in yield formation. Cassava simultaneously develops its source, leaves, and its sink, roots. During stress periods the balance between source formation and sink filling is shifted towards the roots. Thus although total biomass production may be reduced markedly in stress periods the effect on root production is less marked. At low fertility levels leaf area index is reduced, but the nutrient content of leaves is maintained allowing for efficient photosynthesis. Similarly under drought conditions leaf area index is reduced, resulting in reduced water loss. This effect coupled with a stomatal reaction to changes in relative humidity of the ambient air allows cassava to survive long dry periods and use limited water very efficiently.

RESUME

Le manioc a la réputation d'être une culture très tolérante aux conditions de stress des zones agricoles marginales. Cet article passe en revue les bases physiologiques de cette tolérance. Le manioc a un long cycle de développement et une croissance de type indéterminé. Aussi de courtes périodes de stress n'ont-elles que peu d'effet sur

la croissance globale. De plus, le manioc n'a pas de périodes critiques de croissance, telle que la floraison, durant lesquelles de courtes périodes de stress pourraient avoir une grosse influence sur le rendement. Le manioc développe en même temps ses feuilles (organes "source") et ses racines (organes "puits"). Pendant les périodes de stress, l'équilibre "source-puits" est modifié en privilégiant le remplissage des racines au détriment de la formation des feuilles. Aussi, bien que la formation de biomasse soit réduite nettement par les périodes de stress, l'effet est faible sur le rendement en racine. Avec une faible fertilisation, l'indice foliaire est réduit, mais les concentrations foliaires restent suffisantes pour permettre une photosynthèse efficace. De même une alimentation hydrique réduite diminue l'indice foliaire ce qui conduit à une réduction des pertes d'eau. A cela s'ajoute une réaction des stomates aux changements d'humidité relative de l'air ambiant ; ces deux phénomènes permettent au manioc de survivre à de longues périodes de stress hydrique et donc d'utiliser très efficacement l'eau consommée.

INTRODUCTION

Cassava has gained the reputation of being a crop that grows particularly well on infertile soils in areas with uncertain rainfall. Furthermore in Africa where locusts are a serious problem it is recognized as extremely tolerant to attack. In this paper the physiological basis of cassava's tolerance of stress is discussed.

The cassava plant, like most root crops, simultaneously produces new leaves (the source of carbohydrates and deposits carbohydrates in the roots. This situation contrasts with the determinate crops in which the reproductive organs are the useful parts. In these crops the source is developed first and then the sink is filled. This particular characteristic of the root crops leads to two fundamental aspects of their physiology. First of all they tend to have an optimal leaf area index for yield and secondly they do not have critical periods when stress over a very short time span can have disastrous effects on yield.

CASSAVA GROWTH UNDER NON STRESS CONDITIONS

Under good conditions the cassava plant after germination rapidly produces small leaves from the apical meristems. The size of the leaves produced increases with each subsequent leaf until 4-6 months after planting and then declines. The rate of leaf production per apex initially is approximately 5 per week but declines as the plant grows older to about 1 per week. Initially one or more of the axillary buds on the planting piece grow and later when the apex becomes reproductive the development of the axillary buds directly below the reproductive organ gives the branching (forking) characteristic of cassava. The branching habit

increases the number of active apices and partially compensates for the decrease in leaf formation rate per apex and leaf size in the later growth stages. Nevertheless in general in cassava LAI increases rapidly from about 1 month after planting until four to six months after planting. Thereafter the combined effects of leaf fall of the older leaves and the reduced formation of new leaf area results in a decline in leaf area index.

The crop growth rate (CGR) of cassava increases rapidly with increasing LAI reaching a plateau of about $100 \text{ g m}^{-2}\text{wk}^{-1}$ at LAI 4-5. In the early growth stages the rapid development of leaves, stems and fibrous roots utilizes almost all the available products of photosynthesis leaving little excess for storage root expansion. As the production of leaves and stems decreases a balance is reached where growth occurs both in stems and leaves and roots.

GENERAL REACTION TO STRESS

The various types of stress to which the cassava plant is subjected obviously have different effects on the plant, nevertheless there are certain general reactions of the plant that are common to several stress factors.

Under stress conditions the cassava plant tends to restrict its top growth. This results in a reduction in Leaf Area Index and hence crop growth rate. However as can be seen schematically (Fig. 1) a decrease in Leaf Area Index and Crop Growth Rate leads to an increase in Harvest Index. Hence the decrease in root growth under stress is less than the decrease in total or crop growth rate. In other words under stress conditions the total growth may be reduced but the efficiency of distribution of that growth to the useful parts is increased. In some cases if LAI is supra optimal under good conditions, stress can actually increase yield (Fig. 1). In field trials with branch removal (TAN & COCK, 1979) and water stress (CONNOR, COCK and PARRA, 1981) yield of vigorous varieties was indeed increased by imposing the stress condition.

A decrease in LAI varies potential problems with reduced interception of light. The cassava plant however partially obviates this problem through heliotropism of the leaves (EL-SHARKAWY et al, 1984). Cassava leaves move in such a manner that light interception is maximized when water is not limiting. When water is limiting and stomatal closure occurs (see section on water stress) this could lead to potential problems with excessive heat load on the leaves. Under these conditions the heliotropic movement is overridden by a drooping of the leaves that reduces light interception and hence the heat level.

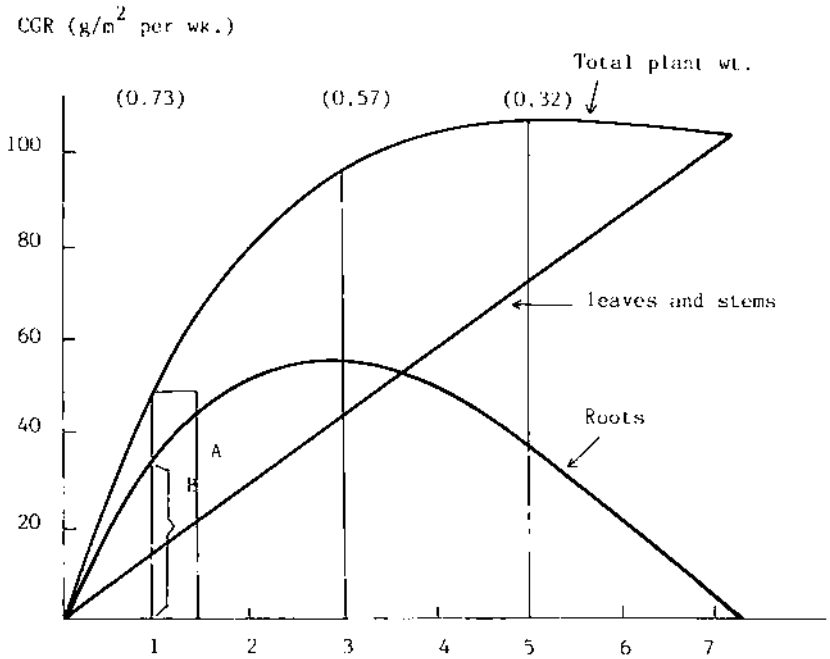


Fig. 1. Crop growth rate (CGR) and dry matter used for stem and leaf and root growth at different constant leaf area indices. Harvest index is represented in figures in brackets at LAI 1,3,5 and is obtained from B/A . (Adaptation from Cock 1983).

A second general attribute of the cassava plant is its ability to recover from damage. In those crops in which the source is formed and then the reproductive organs develop and then full disruption of such important growth aspects as floral initiation, anthesis or defoliation after the source has developed can, even if they only occur over a very short time span, drastically reduce yields and the plants ability to recover is minimal. In the case of cassava there are no short duration critical phases. If defoliation occurs at any stage the plant can form new leaves, if some roots are damaged the remaining roots can to a large degree compensate.

NUTRIENT STRESS

Deficiencies of the major nutrients are likely to effect yield in three major forms, through reduction of the photosynthetic rate of leaves, reduction of the leaf area index and changes in the distribution of dry matter to the different plant parts. In most crops major nutrient deficiency, particularly nitrogen, results in a marked drop in photosynthetic rate of the leaves. In pot trials we found that the photosynthetic rate of cassava did not decrease at low levels of N whereas that of corn (C4) and beans (C3) was markedly reduced (Table 1). It is commonly observed that nitrogen deficient corn and bean crops turn yellow showing typical deficiency symptoms. It is only rarely that cassava plants turn yellow due to nitrogen deficiency. The plant tends to reduce LAI and maintain the nutrient status of the leaves (Table 2) and thus maintains the photosynthesis rate per unit leaf area. COCK (1983) using a simulation model has suggested that the optimum strategy to obtain high crop growth rate at low fertility levels is to maintain nutrient concentration in the leaves and reduce leaf area index. Cassava follows this strategy and hence is well adapted to maintain high growth rates at low levels of nutrients.

The reduction in leaf area at low fertility level should lead to a shift to the left in the curve in Figure 1 and an increase in harvest index. In field trials this effect has been observed repeatedly.

Thus under conditions of nutrient stress cassava reduced LAI and maintains high rates of leaf photosynthesis. This optimizes the use of limited nutrient resources for production of dry matter. Furthermore the reduction in LAI results in more efficient distribution of dry matter to the roots.

WATER STRESS

Cassava is extremely tolerant of drought conditions an yet until recently little knowledge existed on the mechanisms that allow the crop to survive and produce with

TABLE 1. Photosynthetic rate and nitrogen content of corn, bean and cassava leaves grown in a low nitrogen status soil. (Source : Marcio Porto, M. EL-SHARKAWY and J.H. COCK, unpublished data).

	N application level	N (%dry weight)	N ₂ (mg dm ² leaf)	Photosynthesis (mg CO ₂ dm ⁻² hr ⁻¹)
Corn	None	1.9	7.9	43
	High	3.4	14.9	57
Beans	None	3.4	11.7	26
	High	5.0	21.2	40
Cassava	None	4.6	21.5	42
	High	4.6	19.2	42

Table 2. Nutrient concentration of cassava leaves grown at different fertility levels (Source : CIAT 1979).

	Fertilizer applied (Kg/ha)	Leaf area (dm ² plant ⁻¹)	Leaf nitrogen (% dry matter)
0	0	76	4.2
100	0	94	5.3
200	0	119	5.0
0	300	163	5.0
100	300	198	5.1
200	300	156	5.0

extremely limited availability of water. Once the crop is established it is remarkably difficult to kill by withholding water ; often in dry areas cassava and deep rooted tree crops are the only species that remain green throughout the dry period. Cassava's ability to survive is not however related to a particularly extensive and deep root system. Recent data obtained by us suggest that cassava takes little water from depths of greater than 1-1.5 m and that it reduces soil water potential to levels of only -10 to 15 bars. Thus cassava's ability to survive drought must depend on its capacity to conserve and use water efficiently.

When water is withheld from cassava the rate of leaf production per apex and the leaf size of new leaves rapidly decrease (CONNOR and COCK, 1981). Branching is subsequently reduced or delayed but leaf fall is apparently not accelerated. The net result is a decrease in leaf area index. This alone should decrease the transpiration or water use of cassava. However CONNOR and PALTA (1981) showed that stressed plots also had much lower leaf conductances further reducing the transpiration. An interesting aspect of the data of CONNOR & PALTA (1981) is that stomatal closure, which reduces leaf conductances, occurs in stressed plots at similar leaf water potentials to those with open stomata plots in unstressed plots. This suggested that the stomata were reacting to external factors rather than sensing the internal stress within the plant. Later EL-SHARKAWY et al (1984a, 1984b) showed that this was indeed the case. The stomata of the cassava plant are extremely sensitive to the water vapour pressure difference (VPD) between the leaf and the air and the sensitivity is greatest in stressed plots where water has been withheld. This mechanism is a key factor in the drought survival ability of cassava. The plant senses when evaporative demand is high and stomatal closure occurs. This reaction conserves water ; the more common reaction (at least the more popular explanation among scientists !) in crop plants is to maintain stomata open until the water potential reaches a threshold value and then stomata close. This latter reaction is like shutting the barn after the horse has escaped.

The sensitivity of stomata to air humidity or VPD not only conserves water allowing the crop to survive drought periods but also leads to very efficient use of available water. During periods when potential evapotranspiration is high and water use efficiency is low (e.g. midday) the stomata close. The crop actively photosynthesises when potential evapotranspiration is low and water use efficiency is high. This leads to very efficient use of water in cassava as compared to other C-3 plants (Table 3). The values in fact are in the range commonly found in C-4 plants. This high water use efficiency of cassava in terms of total dry matter production is coupled with the high harvest indices associated with low LAI under stress conditions making cassava extremely efficient in terms of economic yield per unit of water transpired.

TABLE 3 : Simplified estimates of water use efficiency of C C species with insensitive and highly sensitive stomatal reaction to VPD. Calculations for a 12 h day.

	Beans		Cassava		Sorghum	
VPD (KPa)	2	4	2	4	2	4
WUE (mol CO mmol H O)	5	2.3	6.8	3.3	10.3	3.9
Average WUE (mol CO mmol H O)	3.9		5.1		7.1	
Transpiration rate (mmol m s)	3.9	6.8	3.9	2.9	3.9	6.8
Transpiration (mol m)	168	294	168	126	168	294
Transpiration (mol m) (Average of 2 days)	231		147		231	
Photosynthesis (mmol CO m)	908	676	1142	416	1730	1146
Photosynthesis (mmol CO m) (Average of 2 days)	792		779		1438	
WUE (mol CO mmol H O) Average of 2 days)	3.4		5.3		6.2	

TEMPERATURE

Cassava is not normally found growing when average temperature is below about 17-18°C. KEATING and EVENSON (1979) showed that cassava varieties differed in their germination below about 13°C. The photosynthetic rate of cassava has a plateau between 25-40°C with the rate declining to essentially zero at 50°C about 40 per cent of maximum values at 12°C (EL-SHARKAWY et al, 1984). It appears that low temperature in general limits cassava growth more through reduction of leaf area than through direct effects on photosynthesis. IRIKURA et al (1979) have shown that leaf area is greatly reduced at 20°C whilst EL-SHARKAWY et al (1984) show that photosynthesis at 20°C is reduced by less than 20 per cent of its maximum level. There are large varietal differences in the ability to develop leaf area at low temperature.

In some areas where cassava is grown in the sub-tropics there are short term periods when temperatures drop to 0°C or slightly less. These low temperatures cause defoliation and death of the non liquified shoots. In southern Brazil farmers normally prune plants before the cold periods. In spring the plants produce new shoots and grow normally.

DISEASES AND PESTS

In a long season crop, such as cassava, grown with limited chemical inputs the potential losses from diseases and pests are large. Traditional cassava varieties often possess high levels of host plant resistance to pathogens and pests ; at the same time they also possess physiological mechanisms of tolerance. COCK (1978) indicated that yield in cassava is determined by the the following parameters : (a) the apices which determine potential leaf and stem growth, (b) the leaves which produce photosynthates and hence are the source of carbohydrates for root filling, (c) the stems and petioles which act as support for the leaves and the transport system of carbohydrates to the roots and nutrients and water to the leaves, (d) the storage roots which form the basic yield unit.

Pests or diseases which destroy the apex will not normally cause severe damage unless they are present for a prolonged period. If the apex is destroyed axillary buds immediately below the apex immediately develop and compensate for the loss. TAN and COCK (198) have shown that apex removal can on occasions increase yield.

Damage to the leaves can be of several different types. Leaves may be reduced in size, their efficiency may be reduced or they may be eaten or fall prematurely. Simulation data suggest that cassava is relatively tolerant of substantial reductions in leaf size, particularly in the

more vigorous varieties (COCK, 1978). However as less leafy higher yielding varieties are developed they will be more susceptible to this type of damage.

COCK (1978) has shown that a similar situation exists in the case of premature leaf fall. This has little effect on vigorous varieties but more efficient types will be more seriously affected. Cassava is however rather tolerant of defoliation. The plant rapidly produces new leaves and yield losses can be of the order of 20 per cent under fertile conditions (CIAT, 1984). Under less fertile conditions and with repeated attacks the plant is however not able to compensate with sufficient new leaf growth and yield losses can be very severe (CIAT, 1985).

Defoliation by such pests as the cassava hornworm (*Erynnis ello*) is extremely noticeable and causes a great impression on farmers. Damage by insects such as mites are however often much less noticeable and yet they may cause very severe yield losses. Any disease or pest that causes a marked reduction in photosynthetic rate will greatly decrease yields. COCK (1978) estimated that a 10 per cent decrease in photosynthetic rate could decrease yields by 20 per cent. Recently HOLGUIN and COLLAZOS (1984) showed that a latent virus in cassava that causes no visible symptoms can decrease photosynthesis by 18 per cent.

The stems of cassava are attacked by several pathogens and pests. When these are damaged and broken the effects are rather similar to those that occur when apices are damaged. In the case of frog skin disease it appears likely that the phloem transport system becomes blocked and yield losses can be 100 per cent. The plant has no mechanism of tolerance to this type of damage.

The number of thickened cassava roots is generally determined early in the growth cycle. If this number is reduced due to disease the roots that remain have a considerable capacity for compensatory growth.

Certain diseases or pests may cause plant death. Obviously if this occurs later in the growth cycle losses will be large, however the losses normally occur in the establishment phase. As cassava has a relatively broad plateau in the yield/density curve the yield loss due to minor loss of stand is normally minimal.

LITERATURE CITED

CIAT Annual Report 1984. Cassava Program. Working Document N° 1, 1985.

COCK J.H. A physiological basis of yield loss in cassava due to pest. In Proceedings Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Col. 7-12 Nov. 1971. Series CE-14, May 1978 p. 9-16.

COCK J.H. (1983) Cassava. Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines. p. 341-359.

CONNOR D.J., COCK J.H. and PARRA G.E. Response of Cassava to Water shortage. I. Growth and yield. Fields Crops Research. 4 (1981) 181-200.

CONNOR D.J. and COCK J.H. Response of Cassava to Water Shortage. II. Canopy dynamics. Fields Crops Research 4 (1981) 285-296.

CONNOR D.J. and PALTA J. Response of Cassava to Water Shortage .III. Stomatal control of plant water status. field Crops Research. 4 (1981) 297-311.

EL-SHARKAWY, MABROUK A, J.H. COCK and HELD A. Photosynthetic responses of cassava cultivars (Manihot esculenta Crantz) from different habitats to temperature. Photosynthesis Research. (1984) 5, 243-250.

EL-SHARKAWY M.A. and COCK J.H. Water Use Efficiency of Cassava. I. Effects of Air Humidity and Water Stress on Stomatal Conductance and Gas Exchange. Crop Science. Vol 24, May-June 1984 o. 497-502.

EL-SHARKAWY M.A., COCK J.H. and HELD Alexander A. Water Use Efficiency of Cassava. II. Differing Sensitivity of Stomata to Air Humidity in Cassava and Other Warm-climate Species. Crop Science, Vol. 24, May-June 1984, p. 503-507.

HOLQUÍN Patricia and COLLAZOS Robert. Fotosíntesis y otros parámetros fisiológicos en plantas de yuca (Manihot esculenta Crantz) infectadas con virus. Thesis submitted for the degree of Agr. Engineering, Universidad Nacional de Colombia, Fac. de Ciencias Agropecuarias, Pamira, 1984.

IRIKURA Y., COCK J.H and KAWANO K. The physiological basis of genotype temperature interactions in cassava. Field Crops Research. 2 (1979) 227-239.

KEATING Brian A. Environmental Effects on Growth and Development of Cassava (Manihot esculenta Crantz) with special reference to photo period and temperature. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in the University of Queensland, Dept of Agric. March 1981.

TAN, Swee Lian and COCK J.H. Branching Habit as a Yield Determinant in Cassava. Field Crops Res. 2 (1979) 281-289.

EFFECTS OF DIFFERENT CASSAVA CROPPING PATTERNS ON SOIL FERTILITY, CROP YIELDS AND FARM INCOME

DIBTRICH E. LEIHNER and JAVIER LOPEZ M. *

* Professor and Head, Department of tropical plant production,
University of Hohenheim, Germany (formerly senior scientist, CIAT
cassava program) and research assistant, CIAT cassava program,
respectively.

SUMMARY

A cassava cropping systems trial was conducted in Caicedonia, Colombia, on a degraded Andosol with a history of five previous cassava crops. Starting 1980, cassava cv. Chiroza was grown either in monoculture or in rotation with *Crotalaria juncea* (as green manure), maize, dry, beans and grain sorghum. Cropping systems such as OM and CEC were improved by rotation. Most notably, legumes increased P availability but chemical fertilizer had little detectable influence. Cassava root yields, after declining to 15 t/ha during the five consecutive farmer-grown crops, were raised in the first experimental monoculture crop through improved agronomic practices to about 25 t/ha but declined to about 10 t/ha in the fourth experimental monoculture crop. By contrast, in the rotational system, yields were increased to over 35 and 25 t/ha in the second and fourth cycle, respectively. Besides root yield, root and shape were seriously affected under continued cassava cultivation. Results show that chemical fertilizer alone may not be sufficient to maintain high cassava root yield and quality and that rotation with green manure plants, cereals and legumes may be required to activate soil life and reduce phytosanitary problems.

RESUME

Un essai de systèmes de culture du manioc a été conduit à Caicedonia, Colombie, sur un andosol dégradé ayant déjà supporté cinq cultures de manioc. A partir de 1980, le manioc c.v. Chiroza a été conduit soit en monoculture, soit en rotation avec *Crotalaria juncea* (comme engrais vert), maïs, haricot à grains et sorgho à grains. Les systèmes de culture ont été subdivisés en traitements fertilisés ou non. Les paramètres du sol "matière organique" et "CEC" ont été améliorés par la rotation.

L'effet le plus notable est l'augmentation de la disponibilité du P par les légumineuses, alors que celui de la fertilisation minérale est à peine détectable. Descendus à 15 t/ha au long des cinq cultures consécutives en milieu paysan, les rendements en tubercules de manioc sont remontés en monoculture expérimentale à 25 t/ha en premier cycle (avec les itinéraires techniques utilisés) pour redescendre à 19 t/ha au quatrième. Au contraire les rotations ont permis d'obtenir 35 t/ha en deuxième cycle de manioc, et encore 25 t/ha au quatrième. Au delà des rendements, la taille et la forme des tubercules ont été sérieusement affectés en monoculture continue. Les résultats montrent que la fertilisation minérale ne suffit pas à maintenir un rendement et une qualité élevés des tubercules de manioc, et que la rotation avec des engrais verts, des céréales, ou des légumineuses est impérative pour activer la vie microbienne du sol et réduire les problèmes phytosanitaires.

INTRODUCTION

There are numerous examples of successful monoculture systems in temperate zones where powerful inputs in combination with mechanization can control the agricultural environment, which by nature is stable and well buffered (v. BOGUSLAWSKI et al 1976, DEBRUCK 1972, POMMER et al 1979). However, in the less stable ecosystems of the tropics, the switch from a traditional to an input-dependent production system with its impoverishment in crop diversity has often lead to soil degradation and accumulation of phytosanitary problems posing serious hazards to yield stability (LOMBIN 1981, McINTOSH and SURYATNA EFFENDI 1979, NICKEL 1973). If the question of how to hydroxide (Kocide 101) at a rate of 770 g a.i./ha. No insecticides and fungicides were applied to the sorghum. All crops were handharvested and maize and beans were handthreshed whereas sorghum was combine-threshed.

Soil samples were taken every time a new crop was planted and analyzed at CIAT. Methods of analysis were : the Walkley-Black method for organic matter ; the glass electrode potentiometer method with a 1:1 soil:water mixture for soil pH; the Bray II method for P and K ; and KCl extraction for the cations Al, Ca, Mg, and Na. Zink and Cu were determined by the HCl-H₂SO₄ extractant of North Carolina and B by hot water extraction. Soil and root samples for mycorrhizal analysis were also taken at the age of 1, 5 and 11 months of cassava in 1983-84.

Results

1. Cassava yields over a nine-year period

Cassava fresh root yield was only recorded with experimental precision during the four crop cycles starting in 1980. However, due to the farmer's record keeping on the

number of truck loads of cassava obtained from his field during the five previous crop cycles and the known surface area of the field which was constant over the whole period, we were able to estimate the yields of these crops with a certain degree of accuracy and thus show the yield trend over a nine year period (Fig. 1). Total fresh root yields started at the high level typical for the potential of the variety and the beneficial climatic and soil conditions of the region, but nine years of continuous cultivation without fertilization were enough to depress yield to about one third of what it had been when the first cassava crop was produced on this plot.

2. The effect of rotation and fertilization on cassava yields

Whilst the farmers cassava yields had dropped to about 65% of the initial level during five consecutive years of cultivation and this trend continued in the experimental monoculture crops to reach 31 per cent of the original yield in the ninth harvest (M0 treatment), only one single rotational cycle with green manure in the first semester and a maize crop in the second semester was sufficient to bring cassava yields back to the original level (R0 treatment). In the fourth experimental cycle (1984), the large superiority of the R treatments over the M treatments was maintained although the yield level was generally lower than in the second cycle (Fig. 2). There was no significant yield difference between the unfertilized and the fertilized cassava but productivity of the fertilized crop was always slightly lower than that of the unfertilized crop.

3. Effect of cropping patterns on soil parameters

Over time, the K, Zn and B levels were increased in the fertilized treatments whereas the other parameters remained unaffected by fertilization.

On the other hand, Fig 3 shows that there was a gradual built up of organic matter in the rotation plots which did not occur in monoculture. Under continuous cassava cultivation without fertilization, organic matter stayed at about 3.0 per cent throughout the sampling period whereas in the corresponding treatment under rotation this parameter was increased over time to reach almost 4.5 per cent. The application of fertilizer did increase organic matter in the monoculture whilst it did not in the rotation.

Mainly as a function of organic matter, the cationic exchange capacity (CEC) was also influenced by cropping pattern and fertilization. In the rotation without fertilization, the CEC reached and maintained the highest level of close to 14 meq/100g. The rotation with fertilization showed a somewhat lower level with declining tendency whereas CEC in the monoculture treatments increased slightly over time

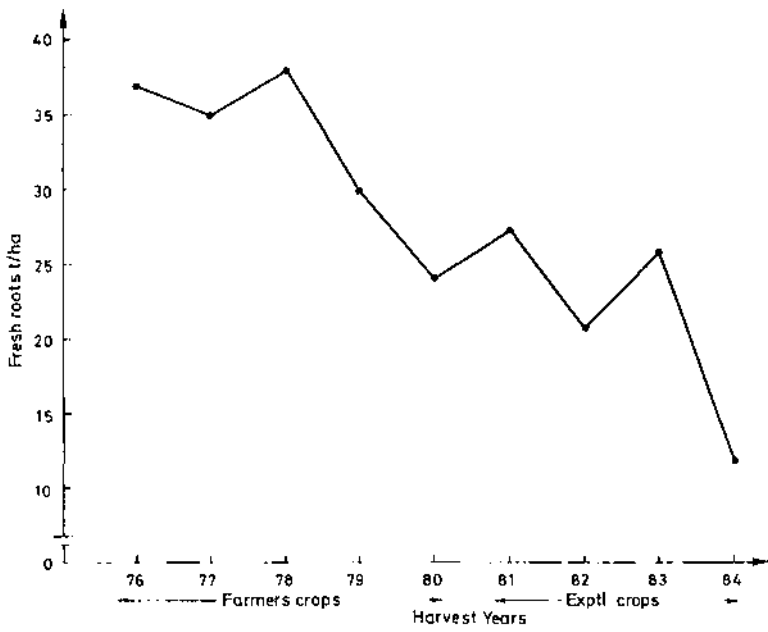


Fig. 1: Total fresh root yields of cassava cv. "Chiroza" grown in Caicedonia, Colombia over a nine year period

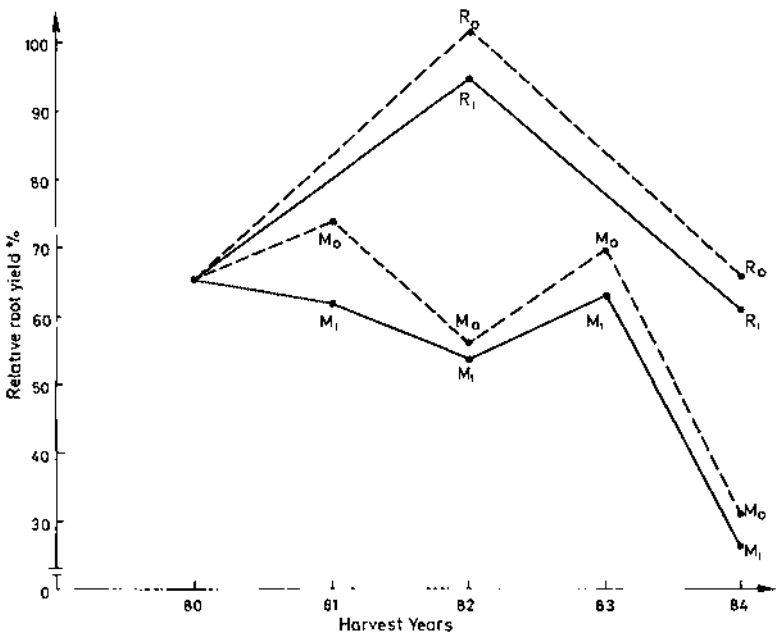


Fig. 2: Cassava total fresh root yield in one farmers and four experimental crops with the yield of the first farmers crop (1976) equal to 100 per cent.

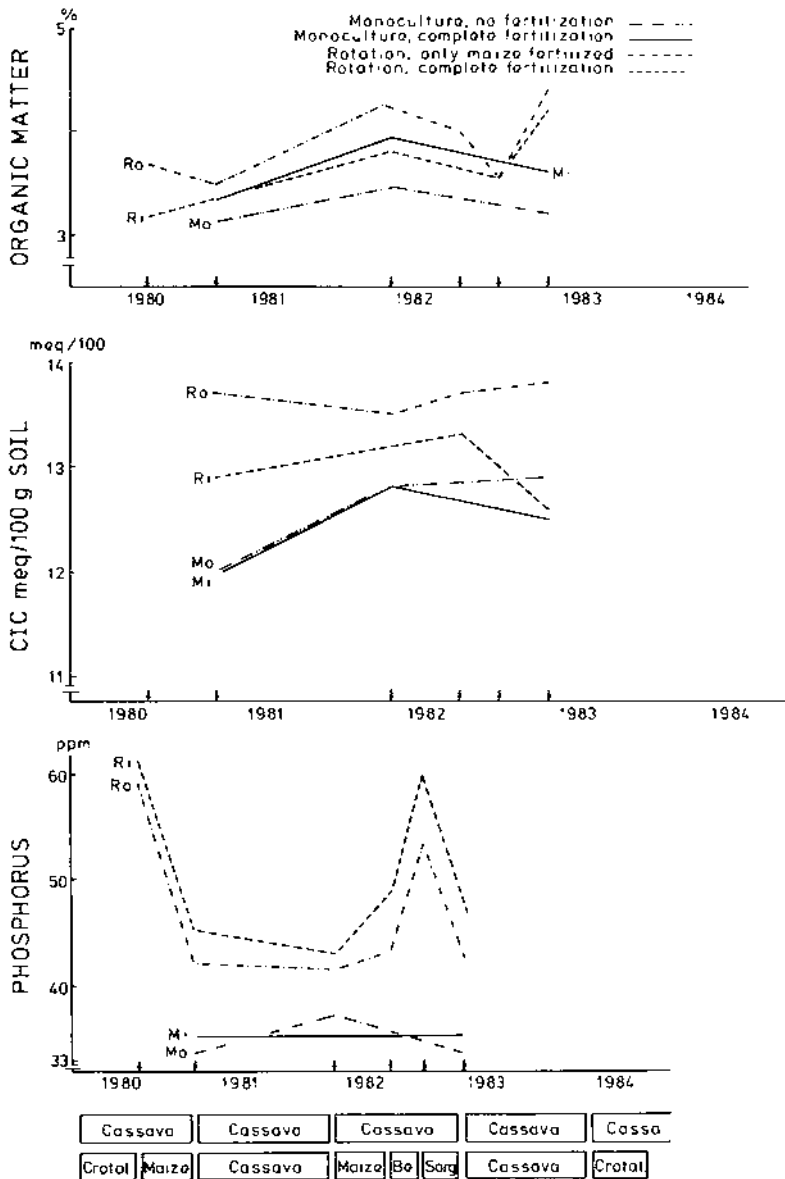


Fig. 3: Trends in soil organic matter; cationic exchange capacity and phosphorus in a monoculture and rotation cropping system with and without fertilization. Caicedonia, Colombia, 1984.

from 12 to about 12.5 meq/100g with little difference between the fertilized and unfertilized treatments.

The most marked changes were recorded with regard to P in this trial. In the rotational pattern the P level was always clearly superior to that obtained under monoculture. P levels in the fertilized rotation were permanently above those of the unfertilized rotation. Whenever a legume was grown in the rotational cycle (*Crotalaria* in 1980 and field beans in 1982), this boosted P availability substantially, something not observed in the monoculture system (Figure 3).

4. Additional effects of cropping patterns

a) Root quality

When the second cassava cycle was harvested, cassava grown in rotation showed a small advantage over that grown in monoculture in terms of root size and shape, with 93 per cent of roots being classified as "commercial" in rotation compared to 90 per cent in monoculture (weight basis, average of fertilized and unfertilized treatments). This difference was more accentuated in the fourth crop with 82 per cent of roots being classified as commercial in rotation against only 66 per cent in monoculture. In addition, roots from the fourth cycle showed a noticeable difference in starch concentration, reaching 35 per cent in rotation as opposed to 31 per cent in monoculture. On the other hand, there was never a severe root rot problem with a maximum rot percentage of 2.9 in the second and 1.2 in the fourth cycle.

b) Insect damage and weeds

There were several light and one heavy attack of the cassava hornworm during the four experimental crop cycles, the latter occurring when the fourth cycle was about half completed (age of cassava six months). On that occasion, the hornworm selectively caused in almost 100 per cent defoliation in the monoculture plots whereas plants in the rotation plots were not seriously damaged with an estimated 10-20 per cent defoliation by the time the insecticide application was made.

There was also a more serious weed problem in the cassava monoculture plots as compared to the rotation plots. This was particularly noticeable towards the end of the cassava growth cycles when solid weed covers had formed under monoculture cassava whereas little weeds were found under the intense shade of cassava grown in rotation. In the monoculture plots, the weed population shifted from a mixed broad leaf-grass composition to a population consisting mainly of grasses, and from annual to perennial species, the predo-

minant weed being Bermuda grass (*Cynodon dactylon*).

c) Mycorrhizae

There seemed to be a positive influence of crop rotation on mycorrhizal sporulation as spore counts during the fourth crop cycle would indicate. There were 20, 31 and 36 per cent more spores in soil samples taken at 1, 5 and 11 months after cassava planting from the rotation plots than from the monoculture plots. On the other hand, samples from fertilized treatments had lower spore counts than those from unfertilized plots during the greater part of the growth cycle (SIEVERDING, personal communication).

5. Economic appraisal

The complete set of data to analyze these two types of systems were not available, since the rotational trial was carried out for only one four-year cycle and no data existed on the average length and effectiveness of the pasture fallow. The economic analysis will thus shift focus somewhat and evaluate the economic costs or incentives for utilizing rotational systems to recuperate the productivity of a degrading cassava monocropping system. In this respect the different systems can be compared over the four year period of the trial. To make the systems comparable principally on the basis of yield differences no price changes are introduced. Both output and input prices are held constant at their 1981 levels, when the farmer would make decision on which system to choose. Prices, production costs, and net income for the four different systems are presented in Table 1.

The income streams between the rotation and monoculture systems are very different, with the advantage of the rotation being realized by the significantly higher cassava yields every other year. To make these different income streams comparable, the annual net incomes are discounted through time under the assumption that the farmer has a four-year planning horizon. The net present value of the income stream in 1981 is then calculated (Table 1). Two discount rates are utilized. The 7 per cent rate is the real rate of interest that farmers in the region must pay for capital from credit institutions. The 11 per cent rate reflects the real cost of capital without subsidies.

Table 1 CUMULATIVE ECONOMIC APPRAISAL AND NET PRESENT VALUE OF FOUR YEAR INCOME
STREAMS FOR DIFFERENT CROPPING SYSTEMS

YEAR	COMMODITY	YIELD TOTAL	KG/HA COMMERCIAL	NET INCOME US\$/HA	NET PRESENT VALUE FOR DISCOUNTRATE	
					AT 7%	AT 11%
				CASSAVA	MONOCULTURE, NO FERTILISATION	
1980-81)	Cassava	27 500	25 900	2 675	)	4 073 3 811
1981-82)		20 900	19 340	1 691	)	
1982-83)		25 950	23 190	2 268	)	
1983-84)		11 580	7 490	- 87	)	
ROTATION, FERTILISATION MAIZE ONLY						
1980	Crotalaria	-	-	- 100	)	4 692 4 265
1980-81	Maize	2 865	2 865	148	)	
1981-82	Cassava	37 800	35 315	4 087	)	
1982	Maize	3 670	3 670	389	)	
1982	Beans	1 395	1 395	149	)	
1982-1983	Sorghum	3 591	3 591	240	)	
1983-84	Cassava	24 270	20 120	1 808	)	
Cassava MONOCULTURE, COMPLETE FERTILISATION						
1980-81)	Cassava	22 910	20 950	1 813	)	5 762 5 383
1981-82)		20 100	17 750	1 334	)	
1982-83)		23 300	20 590	1 759	)	
1983-84)		9 790	6 670	- 330	)	
ROTATION, COMPLETE FERTILISATION						
1980	Crotalaria	-	-	- 100	)	5 629 5 120
1980-81	Maize	2 673	2 673	- 29	)	
1981-82	Cassava	35 100	32 800	3 590	)	
1982	Maize	3 442	3 442	202	)	
1982	Beans	1 745	1 745	180	)	
1982-83	Sorghum	3 402	3 402	154	)	
1983-84	Cassava	22 480	18 270	1 411	)	

Discussion

An interpretation of the above results will first of all have to aim at answering the following two questions :

(1) What caused the yield decline in the cassava monoculture treatments and (2) what prevented this decline in the rotation ? A likely answer to (1) would be that after nine years of continuous cassava cultivation without fertilization, soil nutrients should be depleted to a degree that the observed yield decline would be a consequence of deficient plant nutrition. McINTOSH and SURYATNA EFFENDI (1979) have given examples for general nutrient exhaustion after continuous cassava growing in Indonesia and CHAN (1980) associated yield decline after continuous cassava cultivation in Malaysia with K exhaustion of the soil since this element was removed with the roots in the largest quantities. However, had this been the case, in the present trials, the complete fertilization provided to cassava in the fertilized monoculture treatment should have corrected the deficiencies resulting in a positive yield response to fertilization which was actually not observed.

The originally very fertile soil and the fact that even after nine cassava crops without fertilization, important soil parameters shown in Table 1 and Figure 3 were not below the critical level for cassava may be a possible explanation for the lack of fertilizer response. However, if soil nutrients per se were not deficient, plants may not have been able to make use of them due to an overall reduced biological activity of the soil. First indications for a less active soil life under monoculture cassava are derived from the fact that organic matter in the soil remained stagnant, with declining tendency, in the continuous cassava system whereas it increased by an average of 1.5% after four years of rotation cropping. More organic matter may also have meant a greater cationic exchange capacity which was actually found under rotation. Legumes in the rotation formed an effective symbioses with soil microorganisms judging both from their profuse nodulation (no qualitative data recorded) and from their pronounced positive influence on P availability which was not observed in the monoculture plots. Finally, direct observations of mycorrhiza which may reflect soil life in general, showed greater sporulation in the rotation system, suggesting that the soil in that treatment was biologically more active than under continuous cassava cultivation. Thus, the multiple, more active components of soil life may in fact be responsible for preventing a cassava yield decline in the rotation, leading us to a partial answer to question (2). Based on the limited data available we are inclined to believe that the soil under monoculture was not chemically but biologically exhausted and that rather than fertilization, practices such as the incorporation of green manure and the use of

legumes and graminaceous crops following the root crop cassava were able to counteract this trend.

A second answer to question (1), frequently applicable to tropical production systems, is that an either gradual or spectacular build-up of phytosanitary problems caused yields to decline (LOZANO *et al*, 1980, OLIVEROS *et al* 1974, PIMENTEL 1961). Whilst there was no single spectacular disease, insect or weed problem responsible for the declining of cassava yields in monoculture, it is almost certain that several small, individually unquantified and partly interrelated factors added up to a substantial effect. The somewhat weaker monoculture cassava appeared to have suffered more from hornworm attacks than the vigorous rotation crops. More defoliation was connected with a more serious weed problem in monoculture which allowed a particularly hard to control weed population to build up whereas the frequent tillage in rotation combined with a more varied chemical weed control kept weeds well below yield reducing levels. A second answer to question (2) is thus a very simple and universally known one : greater diversity in the rotation system prevented individually small but in their combined action important phytosanitary problems from developping, the rotation system was better buffered against these influences than the monoculture.

Several conclusions follow from the economic results. First, on the fertile soils in this region there is a net loss of income if fertilizer is applied. Second, evaluated in the limited context of this four year framework, there is still a slight economic advantage to planting the monoculture system, with the difference narrowing with lower interest rates. However, the income difference of 2 to 5 per cent is minimal, indicating that there is little economic loss in planting the rotation and significant longer-term benefits that are not captured in this analysis. Third, the relative price of cassava to the cereal grains (0,5 to 0,6) is very high in this zone and dominates the profitability of the system. Where cassava and grains compete in the same markets, a more normal range is on the order of 0,25 to 0,33. At such relative prices the rotational system would dominate. In general, a rotational system appears to be an economically viable method for recuperating a degrading cassava monoculture or fallow system.

Aknowledgement

Thanks are extended to Dr. John K. Lynam for his substantial input into the economic analysis part of this paper. Furthermore, thanks are due to Mr. Pedro Yepes for providing the experimental area and considerable logistic support, to Ing. Samuel Garcia of the Colombian coffee federation in Caicedonia for his always enthusiastic help and interest, and to Gonzalo Bermudez and the "cultural practices crew" of the CIAT cassava program for taking care of the trials.

REFERENCES

- ANDREWS D.J. and KASSAM A.H. (1976).- The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In : Multiple Cropping. ASA Special Publication N° 27. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. P. 1-10.
- BOGUSLAWSKI E. Von, F. ZADRAZIL and J. DEBRUCK (1976).- The influence of long term straw and green manure fertilizing on factors of soil fertility. I. Communication. Dehydrogenase activity of soils. Z. Acker- und Pflanzbau 143 : 249-258.
- CHAN S.K. (1980).- Long term fertility considerations in cassava production. In : Cassava Cultural practices. Proceedings of a workshop held in Salvador, Bahia, Brazil, 18-21 March 1980. Ottawa, Ont., International Development Research Centre, IDRC. P. 82-92.
- DEBRUCK J. (1972).- Langjährige Feldversuche über die organische Düngung in getreidereichen Fruchtfolgen. Landw. Forschg. XIX, 25/11, 9-24.
- HOWELER R.H. (1981).- Mineral nutrition and fertilization of cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT Series N° 09 EC-4. 52 p.
- LOMBIN L.G. (1981).- Continuous cultivation and soil productivity in the semi-arid Savannah : The influence of crop rotation. Agron. J. 73 : 357-362.
- LOZANO J.C., D. BYRNE and A. BELLOTTI (1980).- Cassava ecosystem relationships and their influence on breeding strategy. Tropical Pest Management 26 (2) : 180-187.
- Mc INTOSH J.L. and SURYATNA EFFENDI (1979).- Soil fertility implications of cropping patterns and practices for cassava. In : Intercropping with cassava. Proceedings of an international workshop held at Trivandrum, India, 27 Nov - 1 Dec 1978. Ottawa, Ont. International Development Research Centre, IDRC. 144 p.
- NICKEL J.L. (1973).- Pest situation in changing agricultural systems : a review. Bulletin of the Entomology Society of America 54 : 76-86.
- OLIVEROS B., J.C. LOZANO and R.H. BOOTH (1974).- A Phytophthora root rot of cassava in Colombia. Plant Dis. Reprtr. 58 : 703-705.

- PIMENTEL. (1961).- Species diversity and insect population outbreaks. Annals of the entomology Society of America 19 : 136-142.
- POMMER G. ; K. OPPITZ and K. FINK (1979).- Cultivars of winter wheat in crop rotation and in monoculture - yield relations and influence of cultural measures. Z. Ackerund Pflanzenbau 148 : 214-229.

LE MANIOC EN CULTURE ASSOCIEE SUR TERRES DE BARRE AU TOGO

(Cassava in associated cultivation on some soil (Terre de Barre) in Togo)

J. MARQUETTE, D. POUZET

IRAT/CIRAD

B.P. 5035

34032 MONTPELLIER CEDEX - FRANCE

RESUME

On compare les rendements, les revenus bruts et les arrières-effets d'une culture du manioc pure et d'une culture du manioc associée au maïs ou à l'arachide. Les rendements du manioc sont réduits par l'adjonction de l'arachide et, encore plus, du maïs. Les revenus des associations sont supérieurs à celui de la culture pure. L'arrière-effet n'est pas perceptible avec le sorgho mais existe pour le maïs, après une culture associée du manioc et du maïs, qui est nettement épuisante.

SUMMARY

Yield, gross income and post-effect of a pure cassava stand and of cassava associated with maize or peanut are compared. Yield of cassava are reduced by associating peanut or, even more, maize. Incomes from associated cultivation are higher than those from pure stand. Post-effect is not seen with sorghum, but is found with maize, after a cultivation of cassava associated with maize which is clearly exhausting.

INTRODUCTION

Dans le sud Togo la culture du manioc est très répandue dans le but de satisfaire une partie des besoins alimentaires de la population, attachée à la consommation de fou fou et particulièrement de gari.

Le plus souvent, le manioc est cultivé en association, le maïs ou l'arachide partageant la même parcelle que lui.

Pour répondre à la question, souvent posée, de savoir si les plantes associées au manioc diminuaient par leur présence son rendement, et de combien, l'expérimentation agricole dont les résultats vont être présentés dans cette note, a été conduite sur la station IRAT de Davié, proche de la capitale.

2 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

En première année, trois traitements seront installés ; ils porteront :

1. du manioc seul
2. du manioc + du maïs en intercalaire
3. du manioc + de l'arachide en intercalaire.

Les différents rendements du manioc ainsi obtenus seront comparés entre eux.

En deuxième année (1978) tous les traitements seront semés successivement en sorgho pour la 1ère saison de culture, puis en niébé pour la seconde.

En troisième année (1979), les parcelles de l'essai recevront les mêmes traitements qu'en année 1.

En dernière année (1980), toutes les parcelles seront de nouveau semées en maïs (1ère saison).

Pour se rapprocher des techniques culturales traditionnelles, les résidus de récolte seront exportés et la préparation du sol sera faite à la daba.

L'essai est réalisé sous forme de blocs de Fisher à 6 répétitions. Surface de la parcelle élémentaire utile: 69,12 m².

RESULTATS OBTENUS

Année 1977

- Toutes les parcelles ont été plantées en manioc 312-524 à 0,80 m sur 1 m le 1/4/77
- Fertilisation : N 30, P₂O₅ 30, K₂O 30 u/ha
- Dans les interlignes du traitement 2 on a semé une ligne de maïs La Posta le 8/4/77 et entre les lignes du manioc du traitement 3, deux lignes d'arachides 61-24 le même jour.
- Début de floraison du maïs le 25/5/77 - Maturité le 27/7/77
- Cycle végétatif : 110 jours - Pluviométrie: 293 mm

- Maturité de l'arachide le 7/7/77 - Cycle : 90 jours - pluie : 284 mm

- Il a été effectué trois sarclages dans les parcelles.

<u>Traitements</u>	<u>Rendements Q/ha</u>
1. Manioc seul	non récolté
2. Maïs intercalaire (manioc pas récolté)	15,87
3. Arachide intercalaire (manioc pas récolté)	12,97

Le maïs plus que l'arachide a souffert de l'insuffisance de pluviométrie de cette saison. Les rendements sont médiocres. Le manioc se comporte bien pendant cette première phase.

Il a été arraché le 9/12/77 après un cycle de 263 jours au cours duquel on a enregistré 631 mm de pluie.

<u>Traitements</u>	<u>Rendements en Q/ha</u>	<u>%</u>
1. Manioc (seul)	237,2	100
3. Manioc (+ arachide)	176,2	74
2. Manioc (+ maïs)	115,3	48

. Coefficient de variation : 10,8 %

. Rendement moyen de l'essai : 176 Q/ha

Le manioc cultivé seul donne un rendement significativement plus élevé que lorsqu'il est cultivé en association. Ici, c'est la maïs qui a l'effet le plus dépressif sur la production du manioc.

Evaluation de la vente des produits de chaque traitements :

1. Manioc seul (manioc à 4 F le kg) :	4 x 23.720 =	94 880 F
2. Manioc + Maïs (maïs à 50 F le kg)		
4 x 11.530 =	46 120 F	
50 x 1 587 =	79 350 F	
	Total	: 125 470 F
3. Manioc + Arachide (arachide à 50 F le kg)		
4 x 17 620 =	70 480 F	
50 x 1.297 =	64 850 F	
	Total	: 135 330 F

Le meilleur revenu est procuré par l'association manioc + arachide.

Année 1978

Cette année, afin d'évaluer l'effet des différents précédents culturaux sur la culture qui suit, tous les traitements ont été semés en sorgho précoce 219 le 6/4/78 - Densité 80 cm x 40 cm à 3 plants.

- Fertilisation : N 30 u/ha (Urée) le 18/5/78
 P_2O_5 u/ha 30 U/ha (super phosphate) le 8.3.78
 K_2O 30 u/ha (CLK) le 8/3/78
- Maturité du sorgho le 15/7/78 - Cycle végétatif 100 jours
- Pluviométrie enregistrée : 466,3 mm

<u>Traitements</u>	<u>Rendements Q/ha</u>
1. Sorgho 219 - Précédent manioc cultivé seul	37,73
2. Sorgho 219 - Précédent manioc + maïs	35,49
3. Sorgho 219 - Précédent manioc + arachide	36,79

- . Coefficient de variation : 7 %
- . Rendement moyen de l'essai : 36,67 Q/ha

Il n'y a pas de différence significative entre les traitements. L'effet du précédent cultural manioc, cultivé seul ou en association (maïs ou arachide) est le même sur la culture de sorgho qui vient après.

Il faut remarquer que la culture du sorgho précoce se confirme comme étant parfaitement adaptée aux conditions de la région. Cette nouvelle culture plus rustique que celle du maïs pourrait présenter un intérêt réel pour cette zone.

En deuxième culture annuelle on a cherché la confirmation de ces résultats en semant les parcelles en niébé variété Vita 5.

L'essai a été semé le 22/9/78 à 50 cm x 40 cm à 2 graines par poquet, sans fertilisation.

- début de floraison du niébé le 2/11/78
- récolte le 28/11/78 - Cycle végétatif : 67 jours
- pluviométrie pendant l'essai : 166,5 mm en 20 jours

Trois traitements insecticides ont été faits contre les pucerons (Décis)

Résultats obtenus

<u>Traitements</u>	<u>Rendements Q/ha</u>
1. Précédent manioc seul	9,10
2. Précédent : manioc + maïs	10,87
3. Précédent manioc + arachide	9,04
. Coefficient de variation : 7,6 %	
. Rendement moyen de l'essai : 9,67 Q/ha	

Il n'y a pas de différence significative entre les traitements. Le comportement du Vita 5 malgré la pluviométrie très insuffisante est remarquable.

Année 1979

Les résultats de l'essai réalisé en 1977 et 1978 indiquaient une sensible réduction de la production du manioc lorsqu'il est cultivé en association mais aucun effet n'apparaissait sur la culture de sorgho qui lui succède.

L'essai a été remis en place cette année :

1. Plantation du manioc 312-524 le 3/4/79 - 1 m x 1 m
fertilisation : N 60 - P₂O₅ 45 - K₂O 30 u/ha
 2. Semis du maïs dans l'interligne le même jour (La Posta, fertilisation identique)
 3. Semis de l'arachide dans l'interligne le 5/4/79 (61-24)
fertilisation - P₂O₅ 45 - K₂O 30 u/ha
- récolte du maïs le 30/7/79 - Cycle 118 jours - pluviométrie 614 mm
- récolte de l'arachide 61-24 le 3/7/79 - Cycle 90 jours, pluviométrie enregistrée : 469 mm

<u>Traitements</u>	<u>Rendements en Q/ha</u>
1. Manioc seul	non récolté
2. Maïs intercalaire (manioc pas récolté)	30,73
3. Arachide intercalaire (manioc pas récolté)	11,11

La pluviométrie plus favorable a permis au maïs de donner un rendement satisfaisant.

Le manioc 312-524 a été arraché le 19/12/79 - Cycle 270 jours. Pluie : 1052 mm.

<u>Traitements</u>	<u>Rendements en Q/ha</u>	<u>%</u>
1. Manioc cultivé seul	263,9	100
3. Manioc (+ Arachide)	204,9	77
2. Manioc (+ Maïs)	167,1	63

- . Coefficient de variation : 7,1 %
- . Rendement moyen de l'essai : 212 Q/ha

Comme dans l'essai de 1977, le rendement du manioc cultivé seul est significativement plus élevé que lorsqu'il a été cultivé avec du maïs ou de l'arachide ; il se confirme que le maïs a un effet plus dépressif que l'arachide sur la production du manioc :

	<u>1977</u>	<u>1979</u>
Manioc Cultivé seul	237,2 Q/ha	263,9 Q/ha
Manioc (+ Arachide)	176,2 Q/ha	204,9 Q/ha
Manioc (+ Maïs)	15,3 Q/ha	167,1 Q/ha

L'évaluation de la vente des récoltes de chaque traitement, les prix étant supposés les mêmes qu'en 1977 fait apparaître :

Manioc seul (4 F le kg)
 $4 \times 26,390 = 105\,560 \text{ F CFA}$

Manioc + arachide (arachide 50 F le kg)
 $4 \times 20\,490 = 81\,960$
 $50 \times 111 = 55\,555 \text{ F}$ Total : 137 515 F CFA

Manioc + Maïs (Maïs 50 F le kg)
 $4 \times 16\,710 = 66\,840 \text{ F}$
 $50 \times 3073 = 153\,650 \text{ F}$ Total : 220 490 F CFA

Cette année, la pluviométrie ayant été favorable à la production du maïs, c'est le traitement manioc-maïs qui procure le meilleur revenu.

Il se confirme que l'association culturale avec le maïs ou l'arachide permet un accroissement sensible du gain.

Année 1980

Les 3 traitements de l'essai ont été semés en maïs afin de rechercher une éventuelle arrière action des cultures précédentes :

- semis en La Posta le 29.3.80 à 80 x 30 cm
- fertilisation : N 60 - P₂O₅ 45 K₂O 30 u/ha
- récolte le 28/7/80 - Cycle : 117 jours
- pluviométrie pendant le cycle : 549 mm

<u>Traitements</u>	<u>Rendements en Q/ha</u>
1. Maïs sur manioc seul	44,23
3. Maïs sur manioc + arachide	42,18
2. Maïs sur manioc + maïs	35,51

. Coefficient de variation : 11,5 %
 . Rendement moyen de l'essai : 40,64 Q/ha

Le traitement 2, manioc + Maïs, n'est pas en mesure de produire autant de maïs que les deux autres, ce qui indique une baisse significative de sa fertilité, consécutive aux prélèvements des cultures précédentes.

L'association avec le maïs provoque non seulement un effet dépressif sur la production du manioc, mais aussi une baisse de rendement sur le maïs qui suit.

CONCLUSIONS

Les résultats obtenus en 1977 et 1979 montrent que les meilleurs rendements en manioc sont obtenus lorsque cette plante est cultivée seule.

Les associations avec l'arachide et surtout le maïs se traduisent par une baisse de son rendement :

	<u>1977</u>	<u>1979</u>	<u>Moyenne</u>
- Rendement du manioc cultivé seul	100	100	100
- Rendement du manioc associé à l'arachide	77	74	75
- Rendement du manioc associé au maïs	48	63	55

De plus, il semble que si les précédents culturaux n'ont pas d'effets sur des cultures peu exigeantes, telles l'arachide, le niébé et le sorgho, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de maïs. Dans ce cas, le précédent manioc-maïs associé, a un effet plus dépressif sur le rendement du maïs qui le suit que ceux des cultures de manioc seul ou associé à l'arachide.

La recherche du meilleur profit conduit par contre à associer au manioc une autre culture qui, selon le niveau des rendements ou les prix pratiqués, peut être soit l'arachide, soit le maïs, l'association avec l'arachide restant la moins épuisante pour le sol.

BIBLIOGRAPHIE

- Projet de Développement Rural de la région Maritime
Recherche agronomique d'accompagnement
Rapport des années 1977, 1978 et 1979 par J. MARQUETTE et
A. ISSIFOU
1980 par E. LATRILLE et A. ISSIFOU

LE MANIOC DANS LA ROTATION CULTURALE
SUR TERRE DE BARRE AU TOGO

J. MARQUETTE , D. POUZET
CIRAD/IRAT
Division des Systèmes Pluviaux

*(Usefulness of Cassava in the cultural rotation on exhausted
ferrallitic soil of the South of Togo)*

RESUME

La répétition continue de la succession maïs-arachide accroît l'épuisement des sols ferrallitiques dégradés du Sud du Togo. L'introduction d' de jachère ou de culture du manioc peut arrêter cette dégradation. Sur cinq ans la combinaison de deux années du manioc avec trois de maïs-arachide est un compromis acceptable entre la recherche du profit et la conservation du sol.

SUMMARY

Repeating continuously the succession of maize-peanut increases the exhaustion of the impoverished ferrallitic soil of the South of Togo. Introducing years of fallow or of cassava cultivation can stop this process. Over five years, combining two years of cassava with three maize-peanut ones represents a reasonable compromise between profit requirement and soil conservation.

INTRODUCTION

Les terres de barre constituent l'essentiel des sols de la partie Sud du Togo. Il s'agit de sols ferrallitiques formés sur sédiments sablo-argileux qui à l'origine avaient une épaisseur de plusieurs mètres et possédaient une excellente fertilité.

Les excès de culture, la surpopulation, ont conduit à un épuisement parfois total qui se traduit par un sol à surface battante, caractérisé par des dépôts de sable blanc : la matière organique et les éléments fins ont disparu de l'horizon de surface et la capacité de production est devenue très faible.

La production agricole de la région essentiellement vivrière : maïs, manioc, arachide pour les principales cultures, doit faire face aux besoins d'environ le tiers de la population du pays qui se trouve rassemblé dans cette zone et y est très attaché.

Dans certaines parties de la région, les sols sont très dégradés et demandent pour être capables de produire à nouveau une véritable régénération. Dans d'autres moins épuisées, l'application d'une rotation culturale adaptée pourrait arrêter le processus de dégradation et permettre une agriculture conservatrice du potentiel de production.

Dans cette note, seront présentés les résultats d'une étude tendant à proposer aux cultivateurs l'ordre et la fréquence de la succession sur leurs parcelles des plantes traditionnellement cultivées dans la région qui pourront assurer la meilleure conservation de la fertilité du sol tout en continuant de satisfaire la demande des consommateurs.

GENERALITES

- Situation

La zone des terres de barre au Togo s'étend sur la partie Sud de la région maritime, en bordure de l'Océan atlantique.

Elle se situe entre le sixième et le septième degré de latitude Nord et le premier et deuxième degré de longitude Est. Son altitude varie de 0 à 100 mètres.

- Climat

Il est du type sub-équatorial chaud et humide à deux saisons des pluies et des deux saisons sèches.

Composition des sols

ANALYSE DE SOLS PRELEVES EN TROIS SITUATIONS
DE LA REGION REPRESENTANT DES ASPECTS DIFFERENTS DE DEGRADATION

ANALYSES			Terres de barre		
			non dégradée <u>Davie</u>	semi dégradée <u>Glope</u>	Dégradée <u>Agbomedji</u>
Granulo- métrie	Argile	%	8,1	4,9	6,5
	Limon	%	3,8	7,2	2,4
	Sable très fin	%	9,3	3,4	4,4
	Sable fin	%	26,4	27,1	41,3
	Sable grossier	%	52,3	58,5	45,9
			88,0	89,0	91,6
M.O.	Matière organique	%	1,05	0,79	0,59
	Carbone	%	0,61	0,45	0,34
	Azote total	%	0,42	0,28	0,23
	Rapport C/N	%	15	16	15
P	Total ppm		226	153	196
	Assimilable (olsen) ppm		10	8	14
Complexe absorbant	Ca me/100 g		1,21	1,31	0,79
	Mg me/100 g		0,58	0,77	0,40
	K me/100 g		0,12	0,06	0,08
	Na me/100 g		0,01	0,01	0,01
	Somme des bases %		1,92	2,15	1,28
	Cap. échange %		2,80	2,40	2,00
	Saturation (V)		69	89	64
pH	pH eau		5,50	6,25	5,60
	pH KCl		4,40	5,30	4,50

La saison des pluies principale (grande saison) va de fin mars à fin juin; l'autre (petite saison) s'étale de septembre à décembre.

Les saisons sèches couvrent les mois de : décembre à mars et de juillet et août. La durée de cette deuxième saison sèche diminue en allant vers le Nord.

- Les températures sont élevées et soumises à de faibles amplitudes journalières (moyenne 27°).

- L'hygrométrie est élevée en toute saison sauf en période d'harmattan (décembre-janvier).

L'ensoleillement dépasse 2.000 heures par an.

OBJECTIF DE L'ETUDE

Cette expérimentation agricole, se propose de rechercher la rotation vivrière la plus favorable au maintien de la fertilité du sol en tenant compte des choix traditionnels de production agricole des cultivateurs.

Les trois principales plantes cultivées dans la région, le manioc, le maïs et l'arachide sont incluses dans le dispositif.

L'étude s'est déroulée sur la station IRAT de Davie située sur terres de barre non dégradée à une vingtaine de kilomètres de Lomé. Elle a duré cinq années selon le plan suivant :

Traitements	1977		1978		1979		1980		1981	
	1 ^{er}	2 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}
1	Maïs	Arach.	Maïs	Arach.	Maïs	Arach.	Maïs	Arach.	Maïs	Arach.
2	Maïs	Arach.	Manioc	Manioc	Maïs	Arach.	Manioc	Manioc	Maïs	Arach.
3	Maïs	Arach.	Maïs	Arach.	Manioc	Manioc	Maïs	Arach.	Maïs	Arach.
4	Maïs	Arach.	Maïs	Arach.	Manioc	Manioc	Jach.	Jach.	Maïs	Arach.
5	Maïs	Arach.	Manioc	Manioc	Jachère	Jach.	Jach.	Jach.	Maïs	Arach.

En première année, tous les traitements de l'essai sont mis en maïs (première saison) puis en arachide (en seconde). Les traitements sont testés pendant trois années puis, en cinquième et dernière année, ils sont tous mis en maïs (première saison) puis en arachide (deuxième saison) afin de faire ressortir d'éventuels effets des précédents culturels sur les mêmes plantes-tests.

Les résultats des années 1 et 5 donnent lieu à une interprétation statistique.

Les parcelles sont labourées à la daba au début de chaque première saison des pluies.

Il y a deux saisons de culture par an :

- La première d'avril à juillet (maïs) ;
- la deuxième de septembre à décembre (arachide).

La végétation du manioc dure une année. Les semis de deuxième saison se font dans les interlignes du maïs, sans nouveau labour.

Il n'y a pas de labour de deuxième saison.

Les résidus de récolte de la première et deuxième saison sont laissés sur le sol puis enfouis par le labour de la première saison suivante.

La fertilisation n'est apportée qu'au début de la première saison de culture.

L'essai est disposé en blocs de Fischer, les traitements sont répétés six fois.

La surface de la parcelle élémentaire utile, après détournage, est de 69,12 m².

RESULTATS OBTENUS

En première année les essais réalisés ont pour but d'évaluer l'homogénéité de la fertilité des parcelles.

- 1977/1 : semis en maïs la Posta.
- Date de semis : 31/3/77 - Densité 80 m x 30 m.
- Fertilisation : NPK 30 - 30 - 30.
- Récolte le 18/7/77 - Cycle végétatif : 110 jours.
- Pluviométrie durant le cycle : 251 mm.

<u>Traitements</u>	<u>Rendements en Q/ha</u>
1. Maïs	33,38
2. Maïs	32,13
3. Maïs	33,76
4. Maïs	34,23
5. Maïs	33,90

. Coefficient de variation : 9,4 %
 Rendement moyen de l'essai : 33,48 Q/ha

Il n'y a pas de différence entre les traitements. Compte tenu de la sécheresse de fin cycle, les rendements sont bons.

- 1977/2 :

Les parcelles qui étaient en maïs en 1971/1 ont été semées le 14/9/77 en arachide 61/24, sans fertilisation.

La récolte a été faite le 12/12/77 après un cycle de 89 jours :

- pluviométrie enregistrée durant le cycle : 284 mm.

<u>Traitements</u>	<u>Rendements en Q/ha</u>
1. Arachide	12,27
2. Arachide	12,39
3. Arachide	11,89
4. Arachide	12,23
5. Arachide	12,75

. Coefficient de variation : 4,8 %
 . Rendement moyen de l'essai : 12,37 Q/ha

Il n'y a pas de différence significative entre les traitements.

Le résultat des essais de première et deuxième saison indique que la fertilité des parcelles est homogène.

SUCCESSION DES TRAITEMENTS

Années et Saisons		Traitements en comparaison				
		1	2	3	4	5
<u>1978/1</u>	Occupation Rend Q Ha	Maïs 40,84	Manioc -	Maïs 39,58	Maïs 41,13	Manioc -
<u>1978/2</u>	Occupation Rend Q Ha	Arachide 13,80	Manioc 227,50	Arachide 13,23	Arachide 13,72	Manioc 246,80
<u>1979/1</u>	Occupation Rend Q Ha	Maïs 42,43	Maïs 44,51	Manioc -	Manioc -	Jachère -
<u>1979/2</u>	Occupation Rend Q Ha	Arachide 11,43	Arachide 11,08	Manioc 274,30	Manioc 245,20	Jachère -
<u>1980/1</u>	Occupation Rend Q Ha	Maïs 35,97	Manioc -	Maïs 42,81	Jachère -	Jachère -
<u>1980/2</u>	Occupation Rend Q Ha	Arachide 8,44	Manioc 297,0	Arachide 6,89	Jachère -	Jachère -

En cinquième et dernière année, tous les traitements seront semés :

- en maïs en première saison ;
- en arachide en deuxième :

- 1981/1 :

<u>Traitements</u>	<u>Rendements en Q/ha</u>
1. Maïs	37,61 -c
2. Maïs	41,16 ab
3. Maïs	38,83 bc
4. Maïs	43,18 a
5. Maïs	41,03 ab

- Rendement moyen : 40,36 Q/ha.
- CV : 4,9 % - L'essai est significatif.

- 1981/2 :

<u>traitements</u>	<u>Rendements en Q/ha</u>
1. Arachide	10,01
2. Arachide	9,13
3. Arachide	9,12
4. Arachide	9,03
5. Arachide	9,63

- Rendement moyen : 9,38 Q/ha - Essai non significatif.

INTERPRETATION DES RESULTATS

Statistique

En 1981/2, avec l'arachide cultivée en deuxième saison, il n'y a pas de différence significative entre les traitements. Le niveau médiocre des rendements consécutifs à une pluviométrie insuffisante, ne traduit pas, comme avec le maïs de première saison, des différences entre les traitements étudiés. Cette deuxième culture, du fait de la pluviométrie souvent insuffisante, reste très aléatoire.

En 1981/1, l'essai cultivé en maïs donne des résultats significatifs :

- Le traitement 4, procure en cinquième année un rendement significativement supérieur à tous les autres. Il a porté successivement :

- . 1977 Maïs et Arachide,
- . 1978 Maïs et Arachide,
- . 1979 Manioc,
- . 1980 Jachère,
- . 1981 Maïs - Arachide.

Deux années de production de maïs et arachide, suivies d'une année de manioc, puis d'un an de repos, se montrent la rotation culturale la plus favorable au maintien de la fertilité.

- Les traitements 2 et 5, ne lui sont pas significativement différents, ils ont vu respectivement se succéder :

<u>Années</u>	<u>Traitement 2</u>	<u>Traitement 5</u>
1977	Maïs-Arachide	Maïs-Arachide
1978	<u>Manioc</u>	<u>Manioc</u>
1979	Maïs-Arachide	Jachère
1980	<u>Manioc</u>	Jachère
1981	Maïs-Arachide	Maïs-Arachide

Le traitement 2 malgré ses deux cultures de manioc qui pourraient être jugées trop épuisantes, reste agronomiquement recommandable.

- Le traitement 3, qui ne comporte pas de période de repos dans l'exploitation de la terre est significativement inférieur au 4, ce qui indique une baisse du potentiel de production ; il a supporté :

<u>Années</u>	<u>Cultures</u>
1977	Maïs-Arachide
1978	Maïs-Arachide
1979	Manioc
1980	Maïs-Arachide
1981	Maïs-Arachide

Ce traitement est dangereux pour le maintien de la fertilité, il conduit à l'épuisement des sols et à l'élargissement de la zone des terres de barres dégradées.

- Le traitement 1, se classe dernier, c'est celui qui épuise le plus la fertilité de la parcelle :

- . 1977 Maïs-arachide,
- . 1978 Maïs-Arachide,
- . 1979 Maïs-Arachide,
- . 1980 Maïs-arachide,
- . 1981 Maïs-Arachide.

Ce traitement ne comporte ni période de repos, ni culture de manioc, par contre la succession des mêmes cultures de maïs et arachide pendant toute l'expérience.

Cette rotation est à déconseiller car elle conduit le sol à un épuisement relativement rapide.

C'est malheureusement celle qui est le plus souvent rencontrée dans la région et qui a justement provoqué la perte de fertilité d'une partie des terres de la région.

Economique

L'esquisse d'approche économique qui suit, va permettre de donner une interprétation financière des résultats obtenus, la maïs étant estimé à 50 CFA le kg, l'arachide à 100 CFA et le manioc à 10 CFA.

Traitements comparés	Maïs		Arachide		Manioc		TOTAL
	Production	Valeur	Production	Valeur	Production	Valeur	Rapports totaux
	77-81	CFA	77-81	CFA	77-81	CFA	
1	190 Q	951.000	56 Q	560.000	0	0	1 511.000
2	118 Q	589.000	33 Q	330.000	524 Q	524.000	1.443.000
3	155 Q	775.000	41 Q	410.000	274 Q	274.000	1.459.000
4	119 Q	593.000	35 Q	350.000	245 Q	245.000	1.188.000
5	75 Q	375.000	22 Q	220.000	246 Q	246.000	841.000

La culture bilan de 1981/1 (Maïs) indique qu'il y a lieu de préférer une rotation incluant deux ans sur cinq une interruption de la traditionnelle pratique annuelle du maïs et de l'arachide.

La meilleure interruption pour la conservation du potentiel de fertilité serait la pratique d'une culture de manioc suivie d'une année de jachère. Mais, l'intérêt agronomique ne coïncide pas forcément avec la recherche du profit maximum et immédiat, ici obtenu par la rotation la plus épuisante pour le sol (traitement 1 : maïs-arachide continus).

Si l'on veut concilier conservation du sol et profit élevé le traitement 2 semble le plus indiqué, il fait intervenir deux années de culture de manioc pour trois de maïs-arachide. Mais, il ne comporte pas de jachère ce qui doit inciter le cultivateur à une surveillance attentive du niveau de fertilité de sa parcelle afin de prévenir le risque de la voir se dégrader.

CONCLUSION

La cause principale de l'épuisement des terres de barre de la partie Sud du Togo paraît ici être mise en évidence, à savoir l'exploitation continue des terres par les cultures annuelles d'arachide succédant au maïs de première saison.

Cet appauvrissement des sols inquiétant pour l'avenir de la population peut être évité par l'adoption d'une rotation culturale faisant intervenir une autre culture traditionnelle, celle du manioc deux ans sur cinq.

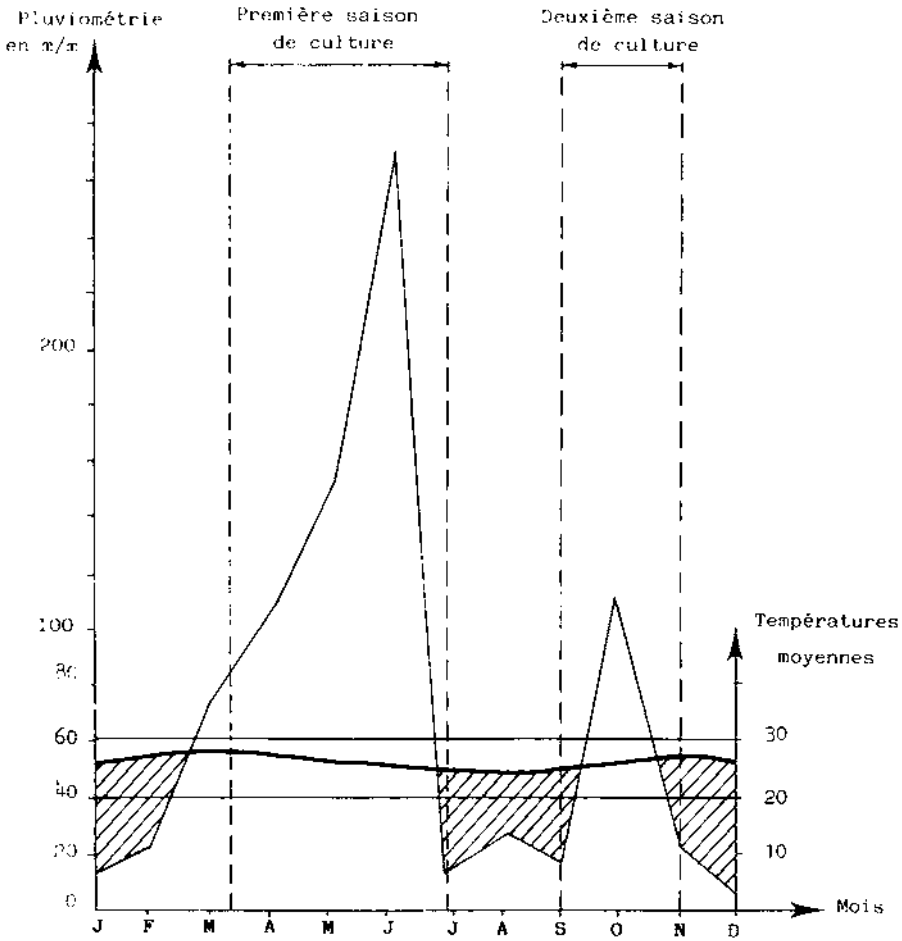


Figure 1 : Diagramme ombrothermique de Loné.

les périodes sèches sont hachurées.

Cette plante très utilisée pour la fabrication de la pâte et surtout du gari est celle qui supporte le mieux les aléas pluviométriques de la région. Elle constitue une rupture dans le cycle maïs-arachide car elle ameublir le sol plus en profondeur et n'effectue pas les prélèvements d'éléments nutritifs aux mêmes niveaux de valeur et de proportions.

Les traitements avec jachère sont les moins rentables à court terme ; ils montrent ce qui se passe dans certains systèmes traditionnels où la jachère remplace un ou plusieurs cycles de culture ce qui maintient les réserves du sol intactes.

BIBLIOGRAPHIE

- Carte pédagogique du Togo
- M. LAMOUREUX - ORSTOM -
- Projet de Développement Rural de la région maritime
Recherches Agronomiques d'accompagnement pour les années
1977 à 1979 par J. MARQUETTE et A. ISSIFOU
1980 et 1981 par E. LATRILLE et A. ISSIFOU

INTEGRATED CASSAVA PRODUCTION, PROCESSING AND MARKETING PROJECTS

Raúl A. MORENO, Rupert BEST, W. JANSSEN *

Centro Internacional de Agricultura Tropical,
Apartado Aéreo 6713, Cali, COLOMBIA

SUMMARY

This paper examines the role that cassava can play in meeting the development goals of Latin American and Caribbean countries, and outlines a strategy for implementing effective cassava development programs through the execution of pilot projects that integrate production, processing and marketing activities. Integrated cassava pilot projects, which are carried out in a representative area of a cassava producing region, aim to determine the technical and economic feasibility of developing traditional or establishing new end uses for cassava. Specifically, these projects serve to apply existing cassava production and processing technology, determine critical aspects that require further research and to identify and promote suitable marketing channels. They also function as a learning process so that the project may be replicated effectively in the entire cassava producing region once a viable production, processing and marketing systems has been devised. With the objective of assisting national institutions in setting up integrated cassava pilot projects, CIAT has formed a team of an agronomist, a processing specialist and an economist. Experiences to date in Colombia, Panama and Mexico indicate that this integrated approach to cassava development is leading to country wide benefits in terms of import substitution and the creation of employment in rural areas.

RESUME

Cette communication examine le rôle que peut jouer le manioc pour répondre aux objectifs de développement des pays de l'Amérique Latine et de la Caraïbe. Elle dégage une stratégie pour l'exécution effective de programmes de développement du manioc à travers la

réalisation de projets pilotes qui intègrent les activités de production, de traitement et de commercialisation. Les projets pilotes de production intégrés de manioc qui sont entrepris dans un secteur représentatif d'une région de production de manioc, visent à déterminer la faisabilité technique et économique de développement d'utilisations traditionnelles du manioc ou de l'établissement de nouvelles utilisations. Ces projets servent plus particulièrement à mettre en pratique les technologies actuelles de production et de traitement, à déterminer les aspects critiques qui nécessitent une recherche ultérieure et à déterminer et promouvoir des circuits de commercialisation convenables. Ce sont également des processus d'enseignement de sorte que le projet peut effectivement être repris dans toute la région productrice quand on a conçu un système viable de production, de traitement et de commercialisation. Dans le but d'aider les institutions nationales dans l'établissement de projets pilotes pour le manioc, le CIAT a formé une équipe comprenant un agronome, un spécialiste du traitement et un économiste. En Colombie, au Panama et au Mexique, cette approche aboutit déjà à des succès importants dans la réduction des importations et la création d'emplois à la campagne.

INTRODUCTION

One of the most interesting consequences of economic development in Latin America and the Caribbean is the concentration of the population in and around major cities. This population grouping has resulted in an unequal allocation of the country's financial resources. The periphery, where the majority of farm activities are located, receive comparatively less attention and investment than the more densely populated and industrialized core. In spite of the comparatively large investment in the urban industrial sector, this has not been able to provide full employment for the increasing number of rural migrants principally because the development of the manufacturing sector has been based largely on capital intensive technology, with much of the capital loaned from abroad. The domestic markets have often been too small for these industries and the external markets restricted by irregular quality, lack of marketing infrastructure and noncompetitive pricing.

For many years the resources allocated to the agricultural sector of Latin American and Caribbean countries were mostly invested in export commodities produced by capital intensive systems. This tendency has resulted in the frequent need to import food, feeds and raw material to supply internal market demand. The recent foreign trade deficits that have characterized the economies of most of the less developed countries have brought about a change in agricultural policies in order to incentivize not only the export market but the production of foods and feeds for the internal market in an attempt to substitute imports and save foreign currency.

The concentration of the population in major cities has also had important implications for the food consumption patterns of the countries. Due to transport and handling costs, crops such as cassava, potatoes, plantains and some fruits and vegetables have been replaced by urban staples such as rice and wheat-based products. In addition, there has been a marked increase in the consumption of livestock products such as eggs, milk, chicken and pork, which are suitable for intensive production close to urban centers. The increased demand for these products has led to a rapid expansion of the animal feed concentrate industry whose growing demand for raw materials has not been met by either the traditional or modern agricultural sector, resulting in a rapid increase in imports of feedstuffs into the region.

With foreign debt problems on one hand and an ever increasing demand for food on the other, the development objectives of the majority of tropical Latin American and Caribbean countries include one or more of the following : to produce more food using as far as possible local resources; to produce greater quantities of raw materials for the agro-related industries and to decentralize industrial activity in an attempt to control the flow of rural migrants.

THE ROLE OF CASSAVA IN ECONOMIC DEVELOPMENT

Cassava has certain inherent characteristics that make it extremely suitable for low-input agriculture. Its ability to grow well on poor soils plus the efficient use of water make this plant one of the most well adapted crops for small farmer production systems. Cassava has traditionally been used as a human food both in the fresh and processed form. However it is increasingly finding a new role as an agroindustrial crop. The uses with greatest potential in the Latin American and Caribbean region are fresh cassava for dried human consumption, cassava flour for the food industry and dry cassava chips for incorporation into livestock feed.

Fresh cassava. Fresh cassava is widely consumed throughout the tropics particularly in rural areas but consumption is comparatively lower in urban areas. This fact suggests that consumption will tend to decrease as the developing countries continue the process of urbanization.

Risky quality and difficulty of storage are the more frequently cited causes for low cassava consumption in urban areas. However, simple technology that makes it possible to store cassava roots for periods of up to two weeks has recently been developed. The adoption of this technology should decrease marketing margins, improve root quality and cassava convenience as an urban food crop and lower the price to the consumer.

Dry Cassava Products. Traditional dry cassava products are mostly made in regions with a long history of cassava production. They are consumed by the economically lower strata of the population and any decrease in the price of fresh roots that leads to a decrease in the price of the final product could have enormous social benefits for the very poor in the region.

Dry cassava can also partially substitute for cereal flours used in a whole range of food products destined for human consumption. The major constraints to expanding the demand for these products are the cost of the fresh roots and their drying process. Another major problem to increasing the use of dry cassava as a substitute for cereal flours is that often many of the competing products are heavily subsidized. However, the potential for cassava to enter this market is much greater now than a few years ago due to the foreign exchange problems that most of Latin American countries face at present.

Animal feed. A great deal has been said about the potential for cassava to enter the animal feed market in the form of dried chips or pellets. The major constraints on cassava playing an important role in this market are the availability of roots at a competitive price, the general lack of information about energy efficient drying processes, the lack of institutional support for farmers willing to enter this market and frequent subsidies on competing grains for animal feed. The experience of the Thailand dry cassava industry and the more recent case of Colombia, are examples of the great potential for cassava in this market.

CASSAVA DEVELOPMENT PROJECTS

Although several Latin American & Caribbean countries have recognized the potential cassava has in contributing to their economic development, many projects that have attempted to use cassava either as a vehicle for increasing small farmer incomes or for substituting costly grain imports have had a marked lack of success. Projects in Brazil, Colombia, Costa Rica, Guyana, Jamaica, Panama and Venezuela, among others, have all ended in failure. The reason for these failures are diverse but in general they can be summarized as follows :

- In the cases where cassava production has been promoted as a means of increasing small farmers income, the traditional markets have not been able to absorb the increased supply, prices have dropped and the farmer has resulted as being the loser.

- Where cassava has been promoted as an agro-industrial crop, poor selection of the processing technology to be employed has often been the critical factor.

- In all the attempts to promote either production or processing of cassava, there has been a lack of integration and coordination between the incentives to increase production by applying better agronomic practices, the design and operation of the processing activities and the marketing of the products.

From the above failures a great deal can be learned and many mistakes can be corrected for the future. Inter-related activities such as production, processing and marketing can not be considered independently in the formulation of a cassava development project. The identification of the product (s) be it fresh or processed, with the greatest demand potential ; the most appropriate way to market it ; the selection of the industrial process and the potential and actual ability of the region to produce cassava need to be studied and analyzed simultaneously for specific production areas within the countries.

INTEGRATED CASSAVA PILOTS PROJECTS

An integrated cassava pilot project is a research and development activity carried out on a reduced scale in a representative area of a cassava producing region. In this area the selection, testing and evaluation of production and processing technology are carried out, together with the identification and promotion of suitable market channels. The aims of an integrated project are to, on the one hand, determine the technical-economic feasibility of either further developing a traditional market or establishing new cassava end uses, and, on the other, generate information which will enable the implementation of a cassava development program in the entire region. This information also includes what is required in terms of institutional support, government policies, farmers organization etc. The specific objectives of these projects are :

- To apply existing technology for the production and transformation of cassava to the specific socio-economic and ecological conditions of the pilot region, or to modify such technology when appropriate.

- To develop small scale cassava-based industry on a pilot scale and extrapolate the information to other areas with similar socio-economic and physico-biological conditions.

The methodology to implement these cassava based pilots projects consists of several phases. The first phase is an analysis of the potential role of cassava and its products in a country. In this phase a multidisciplinary team

of economists, utilization experts and agronomists assesses the potential production of cassava, its production costs, its ability to compete with other products and the potential demand. This analysis pays careful attention both to strict project feasibility and to the social implications such as increased rural employment, improved welfare of producers, stimulus to develop local industries and others.

After several regions of the country have been evaluated according to the possibilities of benefiting from a cassava-based project, a final selection of the region is made considering criteria such as land availability, soils, climate, possibilities of mechanizing, institutional presence etc. In the case of establishing a cassava drying industry, the drying technology road infrastructure, market and competing products are also considered. Within the chosen region, a specific site is then selected where the pilot project may be implemented. The feasibility of extrapolating information from this site to the rest of the region is the main criteria used in the selection of this site.

Once the site for the pilot project has been selected, the principal activities to be undertaken can be summarized as follows :

Marketing. Since the most important objective of a pilot project is to channel traditional or new cassava products into improved or new markets, the first step in the pilot project is to identify and characterize the actual and potential market channels. To do this the following aspects should be taken into account : the size of the market, the trading or market costs, the possible need for assembly and packing, the relation between production costs and market value and finally the government support policies which may favor products that substitute imports. Requests regarding price and quality in potential market channels are transferred to the experts in charge of technology design while at the same time potential buyers are approached and made aware of the advantages in the use of cassava or its processed form. Buyers that are willing to participate in the experimental stage of the project are invited to do so.

Processing. The type of processing technology to be selected is a crucial aspect. Selection will depend on a number of factors, the margin between raw material costs and production price being probably the most important. Apart from purely economic considerations, there are technical aspects that have to be considered such as product quality, amount and quality of water required, fuel availability etc.. Social factors such as availability and capability of labor, tradition of communal work and availability of government services must also be considered.

Having taken into account these factors, the operation of the plant passes through three stages.

- Experimental. This is the "trouble shooting" in which operating problems are resolved and a sufficient quantity of the product is produced to be able to test market reaction and possibly carry out utilization experiments.

- Semi-commercial. This stage is used to consolidate the market and reliable data on capital and operation costs for a complete feasibility study are obtained. The plant also serves as a demonstration and training unit.

- Commercial. At this stage the plant is handed over to those that are going to manage it. The capacity of the plant is usually increased according to the needs of the market and the possibilities of management. At this stage critical areas of operation that may require further development are identified.

Production. The opening of a new market will have an effect on the cassava production technology that farmers are applying. A processing plant will probably modify the current volume of cassava produced in the area, the quality of the roots produced and probably the timing of harvests so as to supply the plant with a continuous flow of raw material.

Within the concept of pilot projects the developing of improved production technology with farmers is one of the most important aspects. It will allow better use of the available resources and improve the production capacity of the farm as a whole. This technology development activity is done by following a well known methodology comprising :

- Characterization and description of production systems.
- Design of improved production options.
- Field testing and evaluation of these options.
- Diffusion and transfer of the best production options.

In the descriptive phase we are looking to identify the most important constraints in the existing production systems and agronomic potential that has not been sufficiently exploited ; the wishes and aspirations of the farmers themselves must also be identified. This information, together with the selection of technological components that can resolve the constraints, is used to design several production alternatives which are then field-tested with the farmers. The most promising ones are validated and later transferred to a large number of farmers throughout the area.

As a back up to this agronomic work the selection of the most appropriate germplasm by means of regional trials is conducted close to the processing plant as longer term type of activity.

EXPERIENCES WITH PILOT PROJECTS

At present (July, 1985) three countries are developing integrated cassava projects following the approach described above, these are Colombia, Mexico and Panamá. A brief description of these projects follows :

COLOMBIA

In Colombia, the Programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI) is the national institution that in collaboration with CIAT is developing this project on the Atlantic Coast. The financial support of the Canadian International Development Agency helped to initiate the activities. After the processes of region and site selection, the natural drying of cassava chips for animal feed was selected as the processing technology to be used in the project. The experimental phase begun in 1981, when 19 t of fresh roots were dried to obtain 7 t of dried chips in a pilot plant operated by a group of 15 farmers. The following year, during the semi-commercial phase, a total of 38 t of dried chips were obtained from 111 t of fresh roots. Data on labor input and operational costs were collected during these two years as well as experience in the organization of the farmer's group. With the experience and information accumulated in these two phases, economic feasibility studies were conducted in order to initiate the third phase which included the expansion of the existing plant and the building of plants elsewhere.

The success of the first cassava drying plant stimulated the construction of 7 additional plants that resulted in a total drying surface of 4,000 m² where 2,395 t of fresh cassava were processed between November 1983 and June 1984 to yield a total of 946 t of dry cassava. At present there are 20 drying plants in different areas of the Atlantic Coast with a total drying surface of about 18,000 m² on which 3,000 t of dried cassava were produced during the 1984/85 drying season. Another 18 plants are planned for construction this year.

MEXICO

In 1980, the Mexican Secretary for Agriculture and Water Resources initiated an ambitious program to develop the acid soils of the State of Tabasco. Cassava development was among the activities selected for this production effort. Research results obtained by INIA, the National Agricultural Research Institute, were available for the area as a starting point.

Several facilities have been constructed to process cassava. Eleven silos for silage, each with a capacity of 1200 t, and 10 natural drying plants of 2000 m² are in the last stages of construction. To complete this a Bresilian plant for the production of cassava flour and a drying system designed by Mexican engineers that make use of different sources of energy are also being tested. The production of these plants is intended to satisfied first the demand from within the state of Tabasco and later the demand from other states.

At present, a total of 800 ha are in the process of being harvested and 2,400 ha are already planted to be harvested next year. For the harvest season of 87/88 they are expanding the area sown to 10,000 ha with an expected average yield of around 15-16 t/ha.

PANAMA

The National Research Institute of Panama (IDIAP) in colaboration with CIAT initiated an integrated production, processing and marketing pilot project in the region of "Los Llanos de Ocú". This region is the most important cassava production area in the country. Cassava is mostly produced by small farmers that are frequently faced with marketing problems. In 1983 most of the preliminary studies were conduced and it was decided that natural drying of cassava was the most promising alternative for the farmers in the area. With the financial colaboration of USAID a 500 m² drying concrete floor was built and a chipping machine and motor installed.

During the harvest season corresponding to 1984 approximately 36 t of fresh cassava were dried, yielding 14 t of dry cassava chips that were sold to local feed industries. In the drying season corresponding to 1985, a total of 49 t of dried cassava chips were sold to the feed industry. This drying plant is being operated by a single farmer's association and it is expected that in the next few years more farmers will get involved in the drying of cassava for animal feed.

REFLEXIONS SUR UNE EXPERIENCE D'AMELIORATION DE LA CULTURE DU MANIOC EN COTE D'IVOIRE

D. POUZET

Ingénieur CIRAD/IRAT BP 5035, 34032 Montpellier CEDEX France

RESUME

Des recherches d'appui à une Société de développement, ont été conduites pendant 5 ans en Côte d'Ivoire. L'objectif est de mettre au point la culture mécanisée du manioc dans le Centre du pays. Les principaux résultats phytotechniques obtenus sont indiqués. Les caractéristiques propres au manioc sont mises en évidence. Elles conduisent à une conception plus raisonnée des techniques culturales.

SUMMARY

Reflections on an improvement experience of Cassava growing in Ivory Coast

Investigations to assist a development society were undertaken during five years in Ivory Coast. The objective is to adjust the mechanized growing of cassava in the center of the country.

The main phytotechnical results are presented. The specific characteristic of cassava are pointed out. They lead to a more reasoned conception of the growing technics.

SITUATION DES RECHERCHES

Des recherches phytotechniques ont été conduites pendant 5 ans (1979-1984) en Côte d'Ivoire. Elles s'insèrent dans un projet agro-industriel de production d'attiéké déshydraté (produit proche du gari, destiné à l'alimentation des citadins). La production provient d'une exploitation mécanisée assurant le volant d'approvisionnement et de villageois encadrés. Les objectifs assignés à la recherche sont la mise au point de la culture mécanisée dans la zone du projet et l'extrapolation des résultats aux autres régions agricoles.

La région de Toumodi (carte), a été retenue pour l'opération. Son climat est de type savane à deux saisons. Il est caractérisé par une pluviosité irrégulière et des températures élevées (tableau 1).

Tableau 1 : Pluviosité (1972-1983) et température (1963-1979) de la région de Toumodi.

caractéristiques	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	tot./ moy.
Pluvio. moy. mm	11.7	54.4	89.9	115.3	161.1	214.7	73.5	53.6	139.3	121.6	55.6	22.4	1113.1
Minimum mensuel	0.0	9.9	4.2	63.8	37.8	121.9	7.4	0.0	18.0	31.5	0.0	0.0	-
Maximum mensuel	102.5	127.1	165.2	174.4	293.9	315.6	166.5	230.3	218.6	426.9	174.6	67.4	-
Température mini	20.6	22.7	23.1	23.1	23.0	22.4	22.0	21.8	21.9	22.2	22.0	21.2	22.2
Température maxi	33.7	35.2	34.9	34.0	33.2	31.5	30.2	29.5	30.5	31.6	32.5	32.1	32.4

Les sols, de type ferrallitique remanié appauvri, ont été défrichés entre 1977 et 1979. La texture est généralement sableuse (paysage de savane) mais parfois argileuse (parcelles forestières). Il s'agit toujours de sols carencés en phosphore, à faible teneur en potassium échangeable (à la limite de la carence) et faiblement pourvus en matière organique et en azote.

Le système de culture est imposé. La manioc alterne avec deux années de cultures fourragères valorisées par un élevage ovin.

La méthodologie de recherche consiste à identifier les contraintes et contrôler les techniques par sondages dans les parcelles cultivées (levée, enherbement, composantes du rendement, pertes à la récolte). Les mises au point sont issues d'essais classiques disposés en blocs. Nous utilisons 6 ou 8 répétitions et des parcelles utiles de 40 à 80 m². Les coefficients de variation de la plupart des paramètres mesurés sont inférieurs à 25%.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE PRODUCTION

Croissance et développement de la culture

Dans les conditions de Toumodi, le début de levée intervient 8 à 10 jours après la plantation. La densité est maximale au bout d'un mois. Le couvert est généralement fermé à 3 mois. Vers 6 à 8 mois, la base des tiges commence à se défolier. La croissance se ralentit. Les entrenœuds se raccourcissent. Les feuilles sont progressivement regroupées au sommet des tiges. La couverture du sol diminue et le rayonnement direct peut pénétrer jusqu'au sol. Ce vieillissement rapide du couvert est décrit par Cock et al. (1979). La surface moyenne des feuilles et le taux de formation des feuilles par apex diminuent avec l'âge de la culture au delà de 4 mois. Cet âge correspond à un indice foliaire (IF) maximum.

Nous n'observons pas de lien entre la masse aérienne et la densité entre 10 et 20.000 plantes par hectare. Ce résultat est encore valable, dans le cas du CB, entre 5 et 10.000 plantes par hectare. Une réduction progressive de la dominance apicale permet le démarrage d'un nombre croissant de bourgeons latéraux, lorsque la densité diminue. L'IF est donc peu lié à la densité du couvert.

Le stockage de l'amidon dans les racines est très précoce. Il commence dès la troisième semaine de culture (Silvestre et al., 1983). Les racines tubérisées n'excèdent pas 30 cm de profondeur dans nos conditions expérimentales.

La production totale est importante (tableau 2). Très étalée dans le temps elle correspond à une faible production journalière.

L'accumulation des éléments minéraux est régulière au cours du cycle (Nyoir 1935). La chute des feuilles âgées entraîne toutefois une diminution des mobilisations en azote à partir de 4 mois. Les mobilisations totales ont été estimées à Toumodi pour un rendement de 25 t/ha de racines (Pouzet et al., 1981). Les besoins journaliers sont faibles et les mobilisations importantes.

Tableau 2 : Gamme moyenne de production et de mobilisation du manioc en Côte d'Ivoire

Période	Production		Mobilisations en kg/ha		
	Parties aériennes	Racines	N	P205	K20
Sur 12 mois	15 à 70 t/ha de matière verte	15-15 à 40 t/ha de matière verte	145	37	245
Par jour	25-90 kg de matière sèche		0.4	0.1	0.7

L'indice de récolte (production de racines en % de la production totale) est de l'ordre de 30 à 35% à 10 mois et de 50 à 55% à 16.

Composantes du rendement

Le rendement est décomposé dans nos essais de la manière suivante :

(densité de plantes)(nombre de racines par plante)(poids moyen d'une racine)(teneur en matière sèche)

Les racines sont sous-échantillonnées lors du comptage et des pesées en commerciales (plus de 20 cm de long et 4 cm de diamètre) et non commerciales.

Tableau 3 : Evolution des composantes du rendement du CB à Toumodi (moyennes de 12 essais).

Composantes	Âge en mois						
	8	10	12	14	16	18	20
Densité plante % valeur à 8 mois	100	96.2	97.7	97.8	91.9	91.2	89.1
Nombre racine/plte % valeur 8 mois	100	92.4	87.1	83.7	84.1	77.4	74.8
% racines pourries en nombre	0.7	0.7	3.5	3.6	4.1	7.3	11.5
Poids moyen des racines en g	332	410	492	509	605	628	670
Rendement commercial. % rdt. total	72.4	79.2	82.6	84.8	83.9	84.9	82.5

La densité de plante varie dans des proportions de 1 à 4. La gamme la plus fréquente s'étend de 3 000 à 12 000 plantes. Les variations de densité sont surtout marquées en début de cycle et plus particulièrement à la levée. La tendance la plus fréquente est une légère diminution de densité au cours du cycle. Le phénomène semble s'accroître à partir de 18 à 20 mois (tableau 3).

L'aptitude à la levée présente un caractère variétal très marqué (tableau 4).

Tableau 4 : Pourcentage de levée (*) à 45 jours de quelques variétés en culture industrielle (Toumodi).

variété	plant	N° bloc	% levée	texture	variété	plant	N° bloc	% levée	texture
B33	24/6/83	1	86.9	sable	H 3	18/7/83	3	75.2	sable
Katao11	15/7/83	1	84.6	sable	B 6	20/7/83	12	91.6	arg-sab.
Tabouca	15/7/83	1	79.6	sable	B 7	20/7/83	12	91.5	arg-sab.
H 56	15/7/83	1	59.9	sable	B 58	27/7/83	12	81.2	arg-sab.
B 33	15/7/83	3	92.3	sable	B 4	21/7/83	12	57.7	arg-sab.
E (AEF)	15/7/83	3	90.8	sable	H 45	22/7/83	12	42.8	arg-sab.

(*) Un déficit hydrique post-plantation prolongé explique la mauvaise levée générale.

Le nombre de racines par plante varie de 1 à 5. Les valeurs extrêmes courantes sont 2 et 10. Cette composante du

rendement est stable ou diminue légèrement au cours du cycle (tableau 3). Le développement des pourritures explique ce dernier cas.

Nombre de racines par plante du CB à Fitabro.

Age en mois	8.3	10.5	12.1	14.6	17.3	test
nb. racine/plante	2.75 a	3.90 b	3.83 b	4.66 c	4.33 bc	HS

Les lettres correspondent aux classes du test de Duncan

Selon Tan et al. (1979), le nombre de racines de stockage par plante est déterminé dans les 4 premiers mois de culture. Nous avons toutefois obtenu des cas significatifs d'augmentation entre 8 et 18 mois. Pour l'un des plus démonstratifs (tableau 5), l'enherbement continu en *Rottboellia exaltata* explique un faible nombre initial de racines par plante. Les conditions excellentes de fertilité et d'alimentation hydrique peuvent être à l'origine de l'accroissement observé au cours du cycle.

Le poids moyen des racines augmente en période humide. Il se stabilise, ou diminue en saison sèche. Il varie généralement entre 200 et 1000g soit dans des proportions de 1 à 5.

La teneur en matière sèche du matériel végétal dont nous disposons, va de 25 à plus de 40% (Vandevenne, 1979). Pour une même variété, les fluctuations dépendent plus de la période de récolte que de l'âge.

La teneur en matière sèche du CB varie dans un rapport de 1 à 1.5 à Toumodi (22 à 33%). L'impact de cette composante est donc faible, mais son incidence économique sur la transformation est considérable.

Conséquences sur le fonctionnement du couvert

Les trois principales composantes étudiées (en dehors de la matière sèche) peuvent varier tout au long du cycle avec des amplitudes proches. Leur poids respectif sur la production est donc comparable.

Les résultats expérimentaux montrent que les variations de rendement peuvent provenir du jeu de l'une quelconque des combinaisons des composantes étudiées.

Il existe toutefois dans de nombreux cas, des relations négatives entre les trois composantes (tableau 6). Le lien entre nombre de racines par plante et poids moyen des racines n'est toutefois pas toujours très étroit. Lorsque la densité de plante augmente, le nombre de racines par plante et leur poids moyen diminue. Des résultats comparables sont signalés par Raffaillac et al. (1984) sur le site d'Adiopodoumé.

L'analyse pondérale de la fraction commerciale de la récolte (tableau 3) indique dans tous les cas, un minimum de 10 à 15% de racines dont la capacité de stockage n'est que partiellement utilisée. Le comptage des racines par classe donne des résultats identiques. Nous trouvons un minimum de 50% de racines insuffisamment remplies pour être commercialisables.

Tableau 6 : Coefficient de corrélation entre composantes de rendement du CB (30 couples, essai densité Toumodi)

Composantes	Nb. racine/plante	Pds. en g/racine
Densité plantes/ha	-0.68	-0.41
Poids sec g/racine	-0.30	

Dans nos conditions expérimentales qui couvrent la plupart des sites agricoles du pays, la production semble donc limitée plutôt par la capacité de photosynthèse (source) que par la capacité de stockage. Cock et al. (1979) montrent que la capacité de stockage ne limite pas la production lorsque le nombre racines par plante est inférieur à 9 ou 10. Nous n'obtenons pour cette composante que des valeurs de 4 à 8 et rarement 9 ou 10. Nos conditions expérimentales ne permettent pas toutefois de maîtriser l'alimentation hydrique et les problèmes phytosanitaires. Les limites possibles de la source peuvent être :

- l'éclairement ;
- l'interception de la lumière par le couvert (IF) ;
- la capacité de photosynthèse, liée à de nombreux facteurs dont l'alimentation minérale et hydrique et la température
- la répartition des assimilats photosynthétique entre les parties aériennes et les racines.

TECHNIQUES MILIEU ET PRODUCTION

Préparation du sol

L'expérimentation met en évidence l'action bien connue de la préparation sur l'enherbement de la culture. Une bonne préparation accélère la vitesse de fermeture du couvert.

Le billonnage est sans effet sur sol argileux, mais accroît la production sur sols sableux (tableau 7). Les 3 composantes du rendement sont modifiées de manière non significative mais convergente.

Nous n'avons pas d'explication logique des différences entre texture. Certains auteurs dont Grace (1977) indiquent un effet dépressif du billonnage sur la production. Nous préconisons néanmoins cette technique pour son action anti-érosi-

ve (Godon, 1985). La faible vitesse de fermeture du couvert de manioc et les conditions édaphoclimatiques souvent défavorables du site de Toumodi (texture légère, pente, forte intensité des pluies en période de plantation) sont en effet à l'origine de nombreux cas d'érosion.

Tableau 7 : Influence du billonnage sur la production du CB à Toumodi.

Texture	modalité	% levée	% verse	rac/plante	poids moyen g/racine rendement en t/ha de racine				
					commerc.	toute rac.	commerc.	toute rac.	mat. sec.
sableuse	billon	95.4	26.0	4.78	578	387	17.12	21.69	3.78
	sol plat	92.9	21.0	4.49	597	378	14.75	18.58	2.98
	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	HS
argilo-sabl.	billon	91.8	60.0	5.41	550	427	19.26	25.57	8.28
	sol plat	88.8	70.0	5.14	562	443	18.18	24.32	8.24
	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Plantation

Le positionnement de la bouture (verticale, incliné ou horizontale) est sans effet sur la production du CB à Toumodi. La texture des sols ne modifie pas le résultat. Miège (1957) obtient de meilleurs résultats à Adiopodoumé, lorsque la bouture est horizontale.

Tableau 8 : Influence de la profondeur de plantation sur la production du CB en zone sableuse.

Profondeur	Densité %	Verse %	Racines/ plante	Poids racines g		Rendement en t/ha de racines			T/ha part. aériennes
				commercial	total	commercial	total	mat. séc.	
5 à 10 cm	95	40.1	4.37	555	387	15.19	19.47	3.33	25.48
20 à 25 cm	94	21.3	3.27	519	343	10.03	12.91	2.09	23.27
différence	NS	HS	HS	NS	NS	HS	HS	HS	NS

Des plantations industrielles trop profondes se sont traduites par un retard de levée de 2 semaines et un faible peuplement (69% de la densité de plantation). L'expérimentation montre que l'excès de profondeur sur sol sableux provoque une diminution de la production (tableau 8). La composante du rendement affectée est le nombre de racines par plante.

La tendance est identique mais non significative lorsque la texture est plus lourde.

Le soin apporté aux techniques de plantation a permis une amélioration importante de la levée en culture mécanisée.

La faible vitesse de colonisation du sol par le couvert explique l'importance de la plantation. Il s'agit d'une phase critique, mais techniquement au point, de la culture.

Fertilisation

Des essais de courbe de réponse à l'azote, au phosphore, au potassium (tricalcique et super-phosphate), et à l'amendement calco-magnésien (dolomie 33-17) ont été conduits à Toumodi sur les deux principaux types de sol avec trois variétés.

Nous n'avons obtenus qu'un cas de réponse à l'azote. Il se traduit par un accroissement significatif du développement aérien sans modification du rendement (tableau 9). Pour Obigbesan et al. (1976), l'azote à forte dose augmente la masse aérienne et diminue le rendement en racine.

Quelques symptômes proches de ceux décrits par Asher et al. (1980) pour la carence en zinc ont été observés sur les cultures à Toumodi.

Tableau 9 : Influence de l'azote sur la production de la variété CB à Toumodi.

Variété	texture	Cycle	Product. t/ha	doses d'azote en unités par hectare					test
				0	50	100	150	200	
CB	arg.sab.	10.4	racines	18.33	16.61	18.38	17.10	16.37	NS
			part. aer.	40.47 a	39.80 a	44.20 ab	48.32 b	48.71b	HS

Le manioc ne répond pas à un engrais ternaire simple (10-18-18) à Adiopodoumé, Ferkessedougou, Pitiessi et Zagné. La réponse à la potasse décrite par Berlier (1955) à Adiopodoumé n'a donc pas été reproduite. La réponse obtenue à Man correspond à un niveau de fertilité très faible. Elle met en jeu les 3 composantes du rendement. Yerekay est un cas unique de réponse avec un niveau élevé de production du témoin (tableau 10). Le poids moyen des racines est dans ce cas seul modifié par le traitement. Le développement aérien très faible sur les deux sites s'accroît en présence d'engrais.

Tableau 10 : Réponse du CB au 10-18-18 à Man et Yerekay.

Site	Man				Yerekay			
	dose de 10-18-18 en kg/ha			test	dose de 10-18-18 en kg/ha			test
	0	250	500		0	250	500	
nombre de racines/plante	2.60 a	4.05 b	4.31 b	HS	5.78	5.99	6.04	NS
nombre de racines/m ²	3.20 a	5.04 b	5.34 b	HS	6.82	7.27	7.31	NS
poids moyen en g/racine	225 a	2.52 b	2.75 b	HS	374 a	451 b	453 b	HS
rendement aérien t/ha	9.40 a	13.73 b	16.27 b	HS	9.38 a	14.00 b	13.84 b	HS
poids frais racines t/ha	7.18 a	12.73 b	14.66 c	HS	25.37 a	32.74 b	32.92 b	HS
poids sec racines t/ha	1.83 a	3.33 b	3.68 b	HS	8.81 a	11.18 b	11.07 b	HS
% de la production comm.	24.9 a	29.8 b	34.3 c	HS	35.0 a	43.7 b	46.0 b	HS

De nombreux auteurs indiquent que la fertilisation organique accroît la production du manioc. Ce résultat a été confirmé à Adiopodoumé par Botton et al. (1962). Les essais d'utilisation du fumier ovin à Toumodi donnent des résultats contraires. Nous n'obtenons pas de réponse sur sol lourd et un effet phytotoxique sur sol sableux (tableau 11).

Tableau 11 : Effet du fumier ovin sur la production du CB sur sol sableux à Toumodi.

Paramètres de production	dose de fumier en t/ha			test
	0	20	40	
% plante chlorotique à 55 jours	14.6 a	48.9 b	79.5 c	HS
Densité de plantes en % 315 j.	92.1	91.9	87.5	NS
% de verse à 315 jours	6.4 a	11.7 a	25.0 b	S
nombre de racines par plante	6.64 c	5.87 b	4.68 a	HS
poids moyen fais en g/racine	270	263	227	NS
rendement aérien frais en t/ha	22.16	20.08	20.35	NS
poids frais en t/ha racines	20.69 b	17.60 b	10.92 a	HS
poids sec en t/ha racines	3.34 b	3.17 b	1.82 a	HS

Le phénomène affecte surtout le nombre de racines par plantes. Une expérience en cours confirme l'effet phytotoxique observé. Il pourrait s'agir d'une carence en azote provoquée par la décomposition du fumier, ou de carences induites en oligoéléments tels que manganèse, molybdène ou zinc (pH 7.9 du fumier au moment de l'emploi).

Nous n'observons pas de réduction significative de production attribuable à la fertilité après 3 cycles de culture annuelle de manioc sur sols sableux de Toumodi, malgré l'exportation totale de la production (parties aériennes collets et racines).

L'étalement des besoins de la culture et ses possibilités exceptionnelles d'assimilation du phosphore (mycorhizes) explique les résultats obtenus. Bien que le manioc ne réponde pas aux engrais, le volume des mobilisations contribue à épuiser

ser le sol. Vingt ans de monoculture intensive ont ainsi conduit à des rendements moyens de 4 t/ha sur les terres de barre à l'origine très fertiles du Togo (Tkatchenko, 1958).

Enherbement

L'enherbement est à l'origine de la plupart des cas de mauvaise production. Son incidence sur le rendement est considérable en début de cycle (tableau 12). En dehors du traitement non désherbé (0 du tableau), l'enherbement limite de manière comparable les développements aériens et racinaires. La densité de plantes est surtout affectée pendant le premier mois de culture.

Tableau 12 : Production à 9 mois du clone CB en fonction de l'enherbement à Toumodi.

Durée de l'entretien en mois après plantation	0	1	1.5	2	3	4	9
densité à la récolte en % du témoin	56.2	63.4	98.9	92.2	99.7	100.0	100.0
rendement en t/ha de racines	2.08	4.06	8.41	13.45	17.25	17.94	18.53
rendement de racines % du témoin propre	11.2	21.9	45.4	72.6	93.1	96.8	100.0
rendement en t/ha de parties aériennes	5.24	6.66	17.26	25.44	32.80	37.92	30.13
rendement de parties aériennes % du témoin propre	17.4	22.1	57.3	84.4	109.2	125.9	100.0
t/ha d'herbe à la récolte (poids frais)	21.02	9.22	6.62	1.73	0.44	0.22	trace
indice de récolte (racines % total en frais)	28.4	37.9	32.8	34.6	34.4	32.1	38.1

Le désherbage en début de cycle agit essentiellement sur le nombre de racines par plantes et dans une moindre mesure sur la densité (tableau 13). Le poids moyen des racines n'est pas modifié.

Tableau 13 : Influence des modalités de sarclage sur la production du CB à Toumodi

caractéristiques	date de sarclage en semaine après plantation			test
	0	5	4 et 8	
densité à la récolte en %	89.9 b	100 a	99.3 a	S
T/ha part aérienne en frais	13.89 b	25.60 ab	35.87 a	S
T/ha de racines en frais	20.33 b	39.49 a	41.48 a	HS
T/ha de racines en sec	6.59 b	12.79 a	13.30 a	HS
Nombre de racines par plante	3.53 b	7.17 a	7.67 a	HS
Poids moyen des racines en g	501	442	440	NS

La maîtrise de l'enherbement de début de cycle demande d'importants moyens. Une bonne préparation du sol, 2 sarclages à 3 et 6 semaines et 7 journées de sarclage manuel par hectare sont nécessaires à Toumodi.

La couverture insuffisante du sol par les cultures âgées requiert de plus 40 journées de sarclage par hectare pour maintenir le sol propre.

Le test d'herbicides dans les conditions de la zone centre a permis de retenir l'oxyfluorfen (Marnotte et al., 1983) et le mélange "ex-temporane" métribuzine + diuron (Marnotte et al. 1985).

Climat

Les conditions climatiques en début de cycle ont une influence directe sur la densité de plantes du couvert (fig. 1).

Le nombre de racines par plante est plus stable. Les variations de cette composante sont largement compensées par le poids moyen des racines. Lorsque le déficit hydrique devient trop important, la croissance des racines finit par être également affectée.

Le déficit hydrique après la phase d'installation du couvert (plus de 3 mois) provoque un arrêt de la croissance racinaire. Son prolongement peut entraîner une diminution du poids moyen des racines.

La période de récolte a une incidence importante sur la qualité de la production (tableau 14). La pluviométrie et la teneur en matière sèche ne sont pas liées. Les racines s'hydratent fortement à chaque reprise de végétation en fin de saison sèche. Le phénomène s'accroît pendant la saison des pluies. Connors et al. (1981) mettent en évidence une diminution des teneurs en matière sèche et en amidon des racines pendant la période pluvieuse qui suit 10 semaines de déficit hydrique artificiel.

Tableau 14 : Influence de la période de récolte sur la teneur en matière sèche à 12 mois du BR (Toumodi).

Date de récolte	06.07 82	02.08 82	08.09 82	04.10 82	05.11.82	03.12.82	25.02.83	06.04.83	05.05.83	01.06.83
matière sèche %	33.0	28.9	29.5	27.4	32.6	33.8	32.7	30.7	34.8	31.9
Saison	petit saison sèche		petite saison des pluies		saison sèche... (fin début mars)		saison des pluies (fin début juillet)			

Dans les conditions de Toumodi, la teneur en matière sèche ne varie pas au cours de la saison sèche principale.

La récolte en saison sèche s'accompagne d'un taux de perte d'autant plus élevé que le sol est repris en masse.

Fig.1 : Expérimentation multilocale manioc

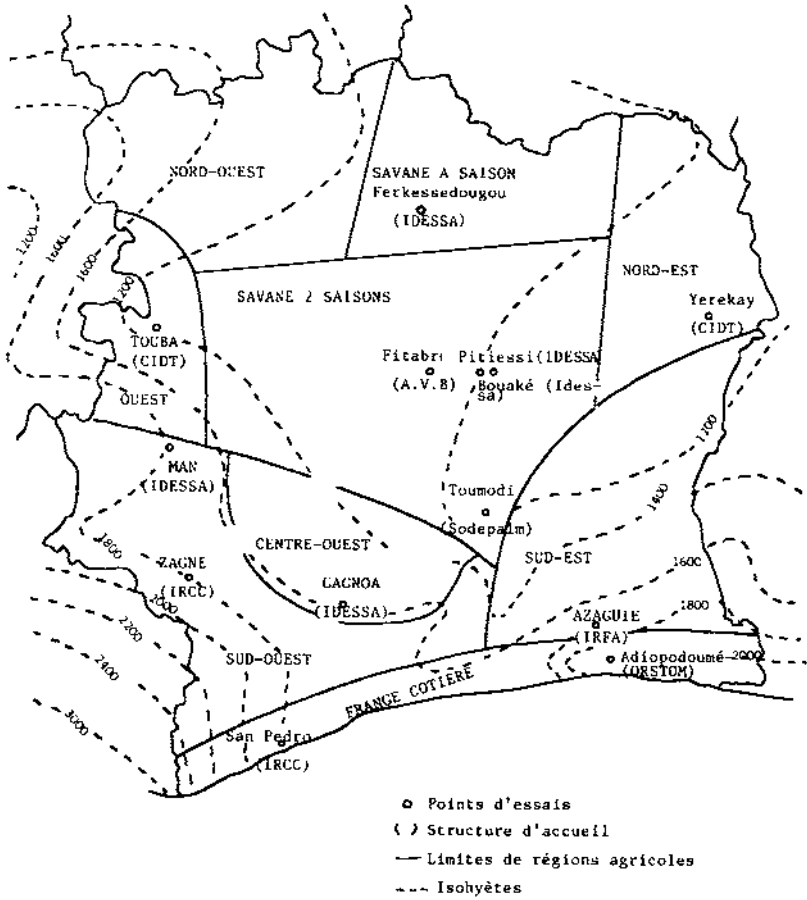


Tableau 15 : Production du CB à 12 mois dans 3 conditions climatiques de Côte d'Ivoire.

Situations	Adiopodoumé	Toumodi		Ferkessedougou
		sans acarien (1980)	acariens (1981)	
Type de climat	trop. humide	savane à 2 saisons		savane 1 saison
Saison sèche en mois	2 + 3,5	2 + 4		6
pluviosité annuelle mm	2314	1146	1153	1336
Densité de plante en %	100	96	95	90
Nb. de racines/plante	6.72	9.22	7.07	3.26
G/racine en frais	370	369	303	722
Rdt. t/ha racines frais	38.7	39.2	24.3	27.2
Rdt. t/ha aérien frais	73.7	30.7	24.0	19.5
Verse en %	100	89	13	16

Les potentialités de production sont plus élevées en zone tropicale humide qu'en climat de savane (tableau 15).

A Adiopodoumé, sur sol sableux à pH 4, le développement aérien est considérable. La verse est généralement totale dès 6 à 7 mois.

Les composantes du rendement varient beaucoup d'un site à l'autre.

Récolte

La récolte est conditionnée par les techniques antérieures : billonnage, densité de plantation, propreté du sol.

La destruction préalable des parties aériennes doit être complète. Les pertes de racines sont ainsi réduites et le broyage des tiges évite une nouvelle levée. Le principal facteur limitant est la verse qui provient surtout de la masse trop importante du couvert et éventuellement d'un excès d'azote. Le broyage mécanisé du couvert à partir d'ensileuses à maïs ou de rotobroyeurs est satisfaisant (Pouzet et al. 1981).

Le soulèvement mécanique est encore trop coûteux dans les conditions économiques ivoiriennes. Le décolletage des racines et les opérations de collecte et de déchargement ne sont pas mécanisés.

Contraintes

Certains problèmes phytosanitaires sont généralisés dans le pays.

La mosaïque africaine contribue à réduire la surface foliaire de la plante. La variété CB tolère bien le virus.

Le développement d'acariens sur le manioc date de la saison sèche 1980-1981 (Pouzet et al. 1983). Il s'agit de parasites introduits récemment d'Amérique du sud en Afrique (Neuenschwander et al. 1984). Leur incidence d'un excès sur la

production semble considérable si l'on compare les résultats d'essais conduits à Toumodi avant et après 1981 (tableau 15). En culture industrielle, les rendements des blocs normalement entretenus (plus de 200 ha), sont passés de 28 à 20 t/ha. L'apparition des acariens coïncide en outre avec l'arrêt de fermeture des couverts pendant l'ensemble du cycle et le recourt au sarclage manuel tardif.

D'autres problèmes sont localisés ou en cours d'extension

La bactériose vasculaire *Xanthomonas manihotis* a été identifiée pour la première fois en 1979 dans le nord ouest du pays (Notteghem et al. 1980). Son extension à la région de Toumodi est effective depuis 1984 selon J.F. Daniel (communication personnelle).

La cochenille farineuse *Phenacoccus manihotis* est signalée pour la première fois pendant la saison sèche 1983-1984 dans la région d'Adiopodoumé par J.P. Raffalli (communication personnelle). Son extension à l'ensemble du pays est probable à très court terme.

Les cas de pourriture des racines sont fréquents en zone humide. Le rendement est inférieur à 25 t/ha à Gagnoa où le taux de pourriture des racines dépasse 10% à 1 an. A Zagné, un champignon imparfait non identifié provoque la pourriture de la plupart des racines et entraîne la mort des plantes. La production est souvent limitée à quelques tonnes. Lozano et al. (1977), préconisent d'arrêter la culture du manioc dès que le nombre de racines pourries dépasse 3%.

Acariens, Cochenille et bactériose sont trois problèmes nouveaux en Afrique. Ils ont été vraisemblablement introduits d'Amérique du sud au cours du transfert de matériel destiné à l'amélioration variétale. La FAO (1984) note des chutes de 30 à 35% de la production des pays les plus touchés (Tanzanie, Gabon, Congo). La Côte d'Ivoire commence juste à être affectée.

La coupe des parties aériennes pour le bouturage provoque des chutes de production de 30% (Fritz, 1959). Le prélèvement répété de feuilles pour la consommation peut réduire de la moitié le rendement (Lutaladio et al., 1980). La période de sécheresse qui sévit depuis 1982 en Côte d'Ivoire a pour principale conséquence la destruction systématique des parties aériennes par les feux de brousse en saison sèche. L'effet sur la production a été simulé par recépage du couvert à 5 cm du sol. La coupe des parties aériennes en début de saison sèche (CB et BR) entraîne d'importantes chutes de production. Les pertes sont moins élevées en fin de saison sèche (H 58). Les parties aériennes néoformées atteignent 50% du poids du couvert coupé après trois mois de saison sèche. L'incidence des feux de brousse est donc considérable. Nos essais montrent que les jeunes plantations ne propagent pas le feu. Les plantations faites 3 mois avant le début de la saison sèche pourraient être envisagées comme moyen de lutte.

ELEMENTS DE CHOIX - PERSPECTIVES

Le site

Les sites à haut risque d'érosion sont à éviter (texture des sols, pente, intensité des pluies).

Les sols à engorgement temporaire ne conviennent pas au manioc. Un bon drainage est indispensable. Les risques sont plus élevés en climat tropical humide lorsque les sols sont argileux. On recherchera par contre des sols présentant une bonne capacité de rétention en eau en savane.

Des sols pauvres en azote sont préférables en région humide où le développement aérien est trop important. L'azote peut par contre contribuer en savane à accroître un indice foliaire insuffisant.

Calage du cycle

La plantation doit être réalisée au cours d'une période de pluviosité régulière. Elle sera d'autant plus précoce que la durée de la saison sèche est longue. La souplesse est toutefois suffisante pour répondre aux principales contraintes de culture (problèmes phytosanitaires, érosion, enherbement, feux de brousse, problèmes socio-économiques...).

Le cycle dans nos conditions expérimentales ne doit pas excéder 16 à 18 mois, afin de limiter les problèmes de pourriture.

Les récoltes doivent être de préférence réalisées en fin de période pluvieuse. La teneur en matière sèche est alors maximale. Les récoltes en saison sèche risquent de s'accompagner de pertes importantes si les sols se reprennent en masse.

La récolte des racines sera dans la plupart des cas dissociée de la production de boutures. La coupe des boutures en saison des pluies provoquent des pertes de l'ordre de 20 % en quantité et 4 en qualité si la récolte est différée. La multiplication n'intéresse toutefois que 10% des surfaces. L'incidence économique est donc négligeable.

Les techniques culturales

La fertilisation n'a pas d'incidence dans la grande majorité des cas sur la production. Nous déconseillons donc l'emploi d'engrais sur manioc, en dehors de quelques situations particulières où son intérêt économique devra être étudié.

Un amendement calcaire est nécessaire lorsque les sols sont trop acides (cas d'Adiopodoumé).

La mise en place de la culture (préparation du sol, choix des boutures, modalités de plantation), conditionnent la den-

sité et le nombre de racines par plante.

La maîtrise de l'enherbement pendant les 3 premiers mois de culture, détermine les mêmes composantes du rendement.

Le soin apporté à ces deux techniques garantit donc la qualité et la vitesse de couverture du sol par la culture, ainsi que sa capacité de stockage.

Le détail des résultats obtenus et des itinéraires techniques proposés est consigné dans une synthèse en cours d'achèvement (Pouzet, 1985). Nos propositions permettaient en 1984 de garantir des productions de 20 à 25 t/ha en culture mécanisée industrielle, et de 15 à 20 t/ha en culture villageoise pure. Les problèmes phytosanitaires récents hypothéquent la rentabilité de la culture mécanisée. Il ne s'agit toutefois que d'un volant de sécurité pour l'approvisionnement industriel. Le gain au niveau villageois est encore appréciable (rendement national moyen de 5,3 t/ha), mais il ne tient pas encore compte de la bactériose et de la cochenille.

Potentialités régionales

Selon Cock et al. (1979), la production du manioc est étroitement liée à l'indice foliaire du couvert. Irikura et al. (1979) obtiennent une production maximale de racines entre 8 et 16 mois, pour un IF de 3 quelque soit la température entre 20 et 28°C. La production chute très rapidement si l'IF s'écarte de cette valeur.

A Toumodi et plus généralement en climat de savane, l'éclairement est satisfaisant et la nutrition minérale n'est que rarement limitante. Par contre, l'absence de fermeture des couverts correspond à des valeurs de l'IF vraisemblablement inférieures à 1,5 pendant une partie importante du cycle. L'hypothèse d'une photosynthèse insuffisante est donc renforcée.

L'alimentation hydrique joue un rôle essentiel en limitant le développement aérien et surtout en favorisant la multiplication des acariens.

La production en zone de savane doit être particulièrement sensible aux problèmes phytosanitaires qui limitent l'IF (bactériose, cochenilles, mosaïque).

A Adiopodoumé et en zone tropicale humide, le potentiel de production est supérieur malgré un éclairage plus faible. L'alimentation minérale n'est pas limitante. Le développement aérien est considérable. Il traduit une mauvaise répartition des produits de la photosynthèse entre les racines et les parties aériennes. Ainsi, la production de racines représente seulement 45% de la production totale pour 55 à 60 en savane.

Il serait important de vérifier si la masse aérienne est liée au seul accroissement des tiges ou traduit également un IF élevé. La chute accélérée des feuilles faiblement éclairées

rées (Cock et al., 1979) pourrait expliquer une valeur limitée de l'IF. Le faible éclaircissement provoque un étiolement des plantes qui versent plus facilement. Il en résulte un démarrage des bourgeons latéraux et une augmentation probable de la proportion de tiges.

Irikura et al. (1979) ont mis en évidence des comportements variétaux très différents en analysant la production en fonction de la température. L'écart entre les deux sites n'est pas négligeable, puisque les températures minimales et maximales moyennes d'Adiopodoumé sont de 23 et 29° C.

La vérification de ces hypothèses conditionne le choix techniques pour les deux zones. Si l'objectif est de maintenir ou d'accroître l'IF en région de savane, il est important de :

- sélectionner pour la résistance variétale aux maladies
- choisir des variétés à développement aérien important et rapide
- de reconsidérer la fertilisation azotée
- étudier la densité de culture comme une technique de lutte contre l'enherbement (Leihner, 1980) et non plus uniquement comme un facteur direct de production
- proscrire l'étêtage
- séparer les productions de racines et de feuilles lorsque celles-ci sont consommées.

La limitation de la surface foliaire ou/et du développement des tiges en zones tropicales humides, conduit le plus souvent à des choix techniques opposés. L'architecture des plantes la mieux adaptée apparaît en particulier très différente pour les deux types de climats.

Il est donc important de développer les recherches physiologiques de base pour préciser l'incidence des caractéristiques climatiques et des problèmes phytosanitaires sur les composantes du rendement. Il est en outre nécessaire d'y associer des études phytotechniques appliquées aux conditions écologiques et socio-économiques de production.

Autres problèmes

Les risques de diminution de potentialité du matériel végétal reproduit par bouture pose des problèmes pratiques (conception des parcs à bois, sélection des boutures) et scientifiques (valeur des collections testées, méthodologie de sélection des nouvelles variétés introduites). Il est important d'identifier les agents responsables du phénomène, d'évaluer les vitesses de recontamination et de concevoir des techniques simples pour les maîtriser.

L'absence de réponse du manioc aux engrais et l'importance de ses exportations minérales pose un problème de maintien de fertilité. Les solutions doivent être adaptées au contexte socio-économique des cibles.

Les recherches en matière de lutte contre l'enherbement précoce comme tardif doivent être poursuivies. Le poste désherbage peut en effet représenter plus de 45% du coût total de la culture (Doll et al., 1977).

Les connaissances nécessaires à la conception de système de culture intensive stable, destinés au milieu villageois sont insuffisantes (conservation du milieu, choix des cultures entrant dans la rotation, calage optimum des cycles pour les différentes conditions de milieu, traitement des parties aériennes...).

Le problème le plus inquiétant en Afrique est le développement des nouveaux problèmes phytosanitaires. Des techniques culturales appropriées devraient permettre de renforcer l'impact des recherches actuelles dans les domaines de la résistance variétale et la lutte biologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASCHER C.J., EDWARDS D.G., HOWELER R.H. 1980. Nutritional disorders of cassava. Fielder Gillespie Limited, Bundaberg, Queensland, 4670, Australia, 47 p.
- BERLIER Y. 1955. Essai d'engrais sur manioc. Adiopodoumé. Côte d'Ivoire, IDERT, 3 p.
- BOTTON H., PERRAUD A. 1962. Expérimentation fumure organique (gadoues-fumier) sur manioc. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDERT, dactylographié, 9 p.
- CIAT, 1984. The cassava germplasm bank. In : A Summary of Major Achievements during the period 1977-1983, Cali, Colombia, CIAT : 27.
- CAMPOS H. DOS, R. SENA, Z.F. De, 1974. Profundidade do sistema radicular do aipim maragogipe (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes idades. Cruz Das Almas, Bahia, Brasil, Univ. Fed. de Bahia, Escola da Agronomia.
- CONNORS D.J., COCK J.H., PARRA G.E. 1981. Response of cassava to water shortage. I. Growth and yield. Amsterdam, Netherlands, Elsevier, Field Crops Research, 4 : 181-200.
- COCK J.H., FRANKLIN D., SANDOVAL G., JURI P. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. Crop Science, 19 : 271-279.
- COURS G. 1951. Le manioc à Madagascar. Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar. Série B, 3 (2) 203-416.
- DOLL J.D., PINSTRUP-ANDERSEN P., DIAE R.O. 1977. An agronomic survey of the weeds and weeding practices in cassava in Colombia. Weed res., 17, p. 153-160.

- DOMINGUEZ C.E., CEBALLOS L.F., FUENTES C.S.D. Morfología de la planta de yuca. In : Yuca : investigación, producción y utilización, Cali, Colombia, CIAT, p. 29-49.
- FAO, 1984. Rapport et perspectives sur les produits 1983-1984 : 60-68.
- FRITZ J. 1959. Note sur l'influence de la coupe des boutures sur les rendements et la densité des racines de manioc. Station Agronomique de lac Alaotra, Madagascar, 2 p.
- GORDON Ph. 1985. Le manioc plante érosive ? Paris, CIRAD/IRAT : 11 p. Document proposé à l'Agronomie tropicale.
- GRACE M.R. 1977. ELABORACION DE LA YUCA. Roma, Italia, FAO, Producción y Protección vegetal, 3 : 162 p.
- HOWELER R.H. 1977. Repuesta de la yuca a la aplicación del fosforo. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Series SE-07-77.
- HOWELER R.H. 1980. The effect of Mycorrhizal inoculation on the phosphorus nutrition of Cassava. In : Proceedings of a workshop on cassava cultural practices ; Salvador, Bahia, Brasil, 18-21 march 1980. E.J. Weber, J.C. Toro, M. Graham editors, IDRC, Serie 151e : 131-137.
- IRIKURA Y., COCK J.H., KAWANO K. 1979. The physiological basis of genotype - Temperature interactions in cassava. Amsterdam, Netherlands, Elsevier, Field Crops Research, 2 : 227-239.
- LEIHNER D.E. 1980. Cultural control of weeds in cassava. In : Proceedings of a workshop on Cassava cultural practices, Salvador, Bahia, Brasil, 18-21 march 1980. E.J. Weber, J.C. Toro and M. Graham editors, IDRC, Serie 151e : p. 107-111.
- LOZANO J.C., TERRY E.R. 1977. Cassava diseases and their control. In : 4th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Cali, Colombia, 1976. Ottawa, Canada, IDRC : 156-160.
- LUTALADIO N.B., EZUMAH H.C. 1980. La récolte des feuilles de manioc au Zaïre. In 1er Symposium de la Société Internationale des plantes à Racines Tropicales (ISTRC) branche Afrique, 8-12 Septembre 1980, Ibadan, Nigeria. Ottawa, Canada, IDRC-163 f : 142-144.
- MARNOTTE P., POUZET D. 1983. Mise au point du désherbage chimique des cultures mécanisées de manioc en Côte d'Ivoire (synthèse des essais 1981 et 1982). Bouaké, Côte d'Ivoire, IDESSA-GERDAT : 8 p. Document présenté à la 12ème conférence du COLUMA, Paris 15-16 décembre 1983.
- MARNOTTE P., TEHIA K.E. 1985. Résultat des expérimentations pour le désherbage chimique du manioc, à Bouaké, en 1983 et 1984. Bouaké, Côte d'Ivoire, IDESSA/CV, note technique 2/85 : 14 p.
- MIEGE J. 1957. Essais culturaux sur le manioc. Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée, 4 (9-10) 402-441.
- NEUENSCHWANDER P., HAUG T., HERREN H.R., MADOJEMU E. 1984. Biological control, Roots and Tubers. In IITA Annual report 1983. Ibadan, Nigeria, p. 114.
- NOTTEGHEM J.L., CHATENET M., POUZET D. 1980. Mise en évidence de *Xanthomonas campestris* Pv *manihotis*. Agent du dépérissement du manioc en Côte-d'Ivoire. Agron. trop. 25 (2) 189-191.

- NYOLT J.A. 1935. Opname van voedingsstoffen uit den boden bij cassave (Absorption des éléments minéraux du sol par une culture de manioc). Buitenzorg, Algemeen Proefstation voor den Landbouw, Korte Mededeelingen, N° 15 : 25 p.
- OBIGBESAN G.O., FAYEMI A.A. 1976. Investigations on nigerian root and tuber crops. Influence of nitrogen fertilization on the yield and chemical composition of two cassava cultivars. Journal of Agricultural Science 86 (2) : 401-406.
- POUZET D., GOURVAT T. 1981. Agronomie et expérimentation multilocale. In Rapport semestriel d'exécution technique n° 5, recherches d'accompagnement manioc. Bouaké, Côte d'Ivoire, SODEPALM/IDESSA : 5-27, annexes 5 p.
- POUZET D., GOURVAT T., TARTAR M. 1983. Amélioration de la culture du manioc en Côte d'Ivoire. Paris, France, IRAT : 12 p. Document proposé au 3è Congrès Brésilien du Manioc, Brasília 7-11 novembre 1983.
- POUZET D., CODON Ph. 1985. La recherche manioc et l'autosuffisance alimentaire en Côte d'Ivoire. CIRAD/IRAT, 10 P. Document proposé au Colloque de l'Association Technique Africaine, Paris, 9 mars 1985.
- POUZET D. 1985. La culture mécanisée du manioc en Côte d'Ivoire (titre provisoire). Document proposé à Techniques et Travaux. CIRAD/IRAT, Paris : 120 p.
- RAFFAILLAC J., NEDELEC G. 1984. Comportement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Variété CB) pour différentes densités de plantation. Premiers résultats. Abidjan, Côte d'Ivoire, ORSTOM, multicop. : 15 p.
- SILVESTRE P., ARRAUDEAU M. 1983. Le manioc. Paris, Maisonneuve et Larose, 263 p.
- TAN, S.L., COCK J.H. 1979. Cassava plant forms and their associated morphological characters. MARDI Res. Bull. : 55-69.
- TKATCHENKO, B. 1968. Rapport de la mission d'études aux Etats Unis, au Brésil, au Togo et en France sur la technologie et la culture du manioc, Tananarive, Services d'agrochimie-technologie de l'IRAM : 193 p., 46 p. d'annexes.
- VANDEVENNE R. 1980. Principaux résultats des travaux expérimentaux effectués sur manioc à la station centrale de l'IRAT à Bouaké, IRAT, 87 p.

BREEDING CASSAVA FOR ADAPTATION TO A NEW ECOSYSTEM:
A CASE STUDY FROM THE COLOMBIAN LLANOS

*Sélection du manioc pour son Adaptation à un nouvel Ecosystème:
Une Etude de Cas dans les Plaines Colombiennes*

C. HERSHEY
K. KAWANO
J.C. LOZANO

Centro Internacional de Agricultura Tropical, AA 67-13, Cali, Colombia

SUMMARY

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) has often been described as a rustic crop which suffers little damage from pests and diseases. More recent evidence has shown that taking cassava clones from their native habitat, or submitting them to intensified cultural practices, can result in high and unstable pest and pathogen populations. A case study is presented for a breeding program carried out over a ten-year period at the Carimagua experiment station in the middle of the Colombian llanos. Breeding methodology is described and the dynamics of pest and pathogen fluctuations are traced. Significant genetic advance over selection cycles is observed through comparison with standard checks. General principles are suggested for breeding cassava for new ecosystems created by introduction of the crop to new areas, through changes in cultural practices, or by introduction of new pests or diseases into an area.

RESUME

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) a souvent été décrit comme une culture rustique peu affectée par maladies et parasites. Des évidences plus récentes ont montré que le transfert de clones hors de leur habitat d'origine ou leur utilisation en culture intensive pouvait conduire à des niveaux variables et élevés de populations parasitaires. Une étude de cas est présentée à partir d'une sélection conduite sur une dizaine d'années à Carimagua au milieu des plaines colombiennes. La méthode de sélection est décrite de même que les dynamiques des fluctuations parasitaires. Un progrès génétique significatif est observé au cours des cycles de sélection par rapport aux témoins classiques. Des principes généraux sont suggérés pour la sélection du manioc en vue de nouveaux écosystèmes découlant de passage dans de nouvelles aires ou de modifications culturelles.

INTRODUCTION

Cassava's ability to produce high root yields in drought-prone areas and on soils of low fertility status, with minimal inputs of fertilizers or pesticides, makes it a crop ideally suited to many small farms in the tropics. Cassava has historically been considered a rustic crop with few serious pest¹ problems (Purseglove, 1968). Evidence accumulated over the past several years, however, has shown that this belief is based primarily on observations of regionally evolved and selected varieties grown under traditional cultural practices (LOZANO *et al.*, 1980). Within these systems, the pest populations are often in balance with their natural enemies and the host plant, and are thus maintained at low levels.

Although it is still widely grown as a small-farmer crop in traditional agricultural systems, new varieties and new production technology are increasingly being adopted by farmers. In addition, the crop is expanding into new areas as population pressures move agriculture into more marginal lands. Such changes, either in cultural practices or in variety, can result in an imbalance in the established equilibrium, with a subsequent pest outbreak. As cassava is a long-season crop, insecticides or fungicides would have to be applied over a long period to provide satisfactory protection. Its low value however, generally makes this uneconomical. For many pest problems the best control strategy is through host plant resistance.

This paper describes an example from the Colombian llanos where heavy pest outbreaks occurred following the introduction of susceptible varieties and intensive cultivation practices into a region where previously there were only scattered plantings of cassava. Through a concerted interdisciplinary genetic improvement program over a ten-year period, a high level of resistance to the major disease problems, combined with improved yield potential, has been achieved. Insect and mite resistance is recently receiving more attention. From this experience a generalized strategy may be suggested for optimizing the possibility of developing high and stable resistance, especially for potentially destabilizing situations created by changes of variety or cultural practices, or introduction of new pests.

¹ The term "pest" will be used throughout the paper to refer to pathogens, mites, and/or insects.

MATERIAL AND METHODS

The Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) concentrates its cassava breeding efforts on the development of germplasm tolerant to the prevalent stresses of major present and potential cassava-growing areas, and on selection for high and stable yields under low agronomic inputs. For purposes of its breeding strategy CIAT has divided cassava-growing regions into six basic classifications (edaphoclimatic zones), defined primarily in terms of climatic and soil variables, and secondarily by pest and disease problems (HERSHEY, 1984). Within this classification, Edaphoclimatic Zone 2 (ECZ 2) is described as the moderate to high rainfall lowland tropics, with an extended dry season and acid, infertile soils. The savannas of southern Mexico, the llanos of Colombia and Venezuela, and parts of the Campo Cerrado of Brazil are considered to be regions within ECZ 2. As the primary evaluation and selection site for this broadly defined zone, CIAT collaborates with the Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) on the ICA station of Carimagua in the middle of the Colombian llanos (Table 1).

Cassava is traditionally grown throughout the inhabited areas of the Colombian llanos, both by indigenous peoples and more recently by colonists. However, as human population density is very low, plantings are widely scattered. The crop is generally planted as a backyard crop for home consumption. Commercialization is minimal due to lack of accessible markets. The diversity of native cassava germplasm in the region is attested to by CIAT's collection of over 100 local varieties from the Department of Meta alone, which encompasses only a small proportion of the total llanos. As a whole, the varieties from this region have moderate resistance to Cassava Bacterial Blight (CBB, caused by *Xanthosoma campestris* pv. *manihotis*), and Superelongation Disease (SED, caused by *Elsinoe brasiliensis*, and are susceptible to mites and thrips (HERSHEY, In press).

The results presented in this paper are from an ongoing breeding program initiated at Carimagua in 1974. CIAT Annual Reports describe in detail the goals, methodology and results of this program. Selection over the years has been applied to a wide range of traits, including germination ability, early vigor, plant architecture, pest resistance (principally CBB and SED, but also lacebug (*Vatiga* spp.) and mites *Mononychellus* spp.), root yield, root HCN and root dry matter content. Nevertheless, the highest selection intensity has been applied to root yield and root dry matter content, on the assumption that final root yield is the best integrator of a wide range of adaptation, resistance and productivity factors.

The breeding methodology has changed somewhat over the years, but the consistently involved some form of recurrent selection, with parental selection based on phenotype and progeny performance, followed by recombination, and progeny selection through a number of cycles of vegetative propagation.

Table 1. Edaphoclimatic description of Carimagua experiment station.

Location	Climate	Soils
Longitude : 4.5°N	T _{max} (daily mean; °C): 30.8	Classification: oxisol (Typic Haplustax)
Latitude: 71.3° W	T _{min} (daily mean; °C): 22.0	Structure: Clayey, Kaolinitic
Altitude: 150 masl	Annual precip. (mm): 2100	PH: 4.7
	Months 100 mm rainfall: 4	Organic matter (%): 3.2
	Rainy season: April to November	P (Bray II ppm): 1.9
		K (meq/100 g): 0.14
		Al (% saturation): 80-90

Results are presented here only for advanced yield trials. These consisted of plots of 25 plants with 2-3 replications. At harvest, the central 9 plants were harvested, leaving a surrounding border row to minimize intergenotypic competition effects. Yield trials have included varying numbers of genotypes, with a mean of about 75 per season. Each trial contained several standard checks, including local varieties and promising selections. As some of the checks have changed over time, results of only two checks which were included in all trials over the period are included here. These were M Col 1438 (Llanera), a local variety from the llanos, and M Col 1684, a germplasm accession with high yield potential from the Colombian Amazon region.

Yield trials were planted in two different periods of each year. "A season" trials were planted near the beginning of the rainy season, usually in April or May, and "B season" trials were planted near the end of the rainy season, usually in September or October. Experimental plots were prepared with ridges and trials were planted at a population of 12,500 plants/ha. Dolomitic lime was incorporated at the rate of 0.5 t/ha at the time of land preparation. Soon after planting, fertilizer was applied by banding at the base of the plants, at a rate of 50 to 75 kg/ha N, 100 to 150 kg/ha each of P_2O_5 and K_2O , and 10 kg/ha of Zn. Good weed control was maintained by a combination of herbicide and hand weeding. No insecticide, fungicide or irrigation was applied to any trial. During the growing cycle, data were taken on various developmental parameters, and pest damage levels. At harvest, yield, root dry matter and root HCN levels were calculated. Selected clones from each yield trial were repeated the following cycle, and new genotypes were advanced from the preliminary yield trials at Carimagua.

Breeding trials were begun in the A season of 1974 (1974A) with a single row planting of 300 germplasm bank accessions selected previously in the CIAT headquarters station at Palmira (CIAT-Palmira), which is kept free of CBB and SED. Subsequent trials consisted mostly of hybrid clones, but also included some selected germplasm accessions. During the 1975B and 1976B plantings, CBB infections were kept at a minimum by using CBB-free planting material from CIAT-Palmira, and planting in isolated sites within the Carimagua station. Even with these precautions, disease incidence increased rapidly because of foci of infections at neighboring farms. Beginning in 1977A the decision was made to allow disease epidemics to take their natural course, and concentrate instead on selecting resistant clones. Thus, concerted disease resistance breeding began with the 1977A planting. In 1977 and 1978 an extensive germplasm screening was carried out to identify new sources of resistance and adaptation. Selected accessions entered yield trials and hybridization blocks in subsequent years.

The selection program in Carimagua is a continuing, long-term project, with gradual improvement expected in a multitude of agronomic traits.

RESULTS AND DISCUSSION

YIELD TRENDS

The mean fresh root yields of the Carimagua advanced yield trials from 1975B to 1984A are shown in Figure 1. Trial mean yields, mean yields of the two check varieties (M Col 1684 and Llanera), and mean yield of the five highest yielding clones are presented. In the first years of the yield trial (1975 and 1976 plantings), root yields of over 25 t/ha were achieved by the highest yielding clones, and the checks averaged almost 30 t/ha. From 1976B to 1977A yields dropped rapidly to below 10 t/ha, as CBB and SED reached epidemic levels. In subsequent years, yields have fluctuated at levels always below the maxima achieved for the respective categories during the period when CBB was artificially avoided. Nevertheless, an overall tendency for increasing yields over time of the experimental materials (excluding checks) can be observed.

Previous studies (CIAT, 1985) have suggested that the yield constraints affecting cassava at the Carimagua station may be quite distinct depending upon the planting season. In the A season plantings, CBB and SED are devastating on susceptible clones, while in second semester plantings, the crop can achieve good growth and yield formation before the heavy rains of April and May favor disease epidemics. Based on this information, yield trends for A and B season results were analyzed separately.

A series of regression equations were calculated for yield data, where year and season of planting were taken as the independent variable and yield as the dependent variable (Figure 2). Yields prior to 1977A were not considered in these analyses, as they represented artificial conditions of crop management.

Yields of the top five clones and the trial mean yields showed similar trends, with the main difference being a yield advantage ranging from 6 to 13 t/ha for the top five clones. While yields of the experimental clones from the B season remained virtually stable throughout the period, A season yields increased at a rate of about two t/ha/year.

During the same period the checks from the A and B seasons showed very different trends. For the A season planting, check yields increased slightly at an average rate of 0.48 t/ha/year, indicating that production conditions improved slightly over time. However, yields of the B season checks declined sharply at the rate of almost two t/ha/year

Figure 1. Cassava yield trends in advanced yield trials in Carimagua.

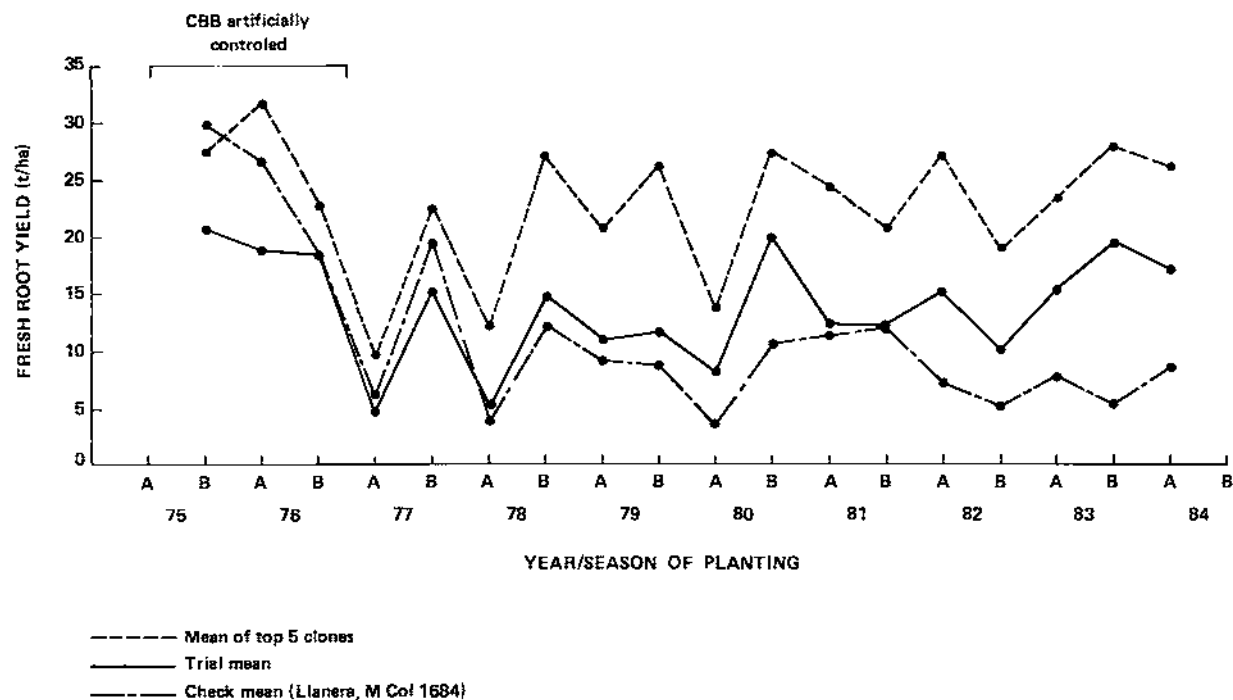
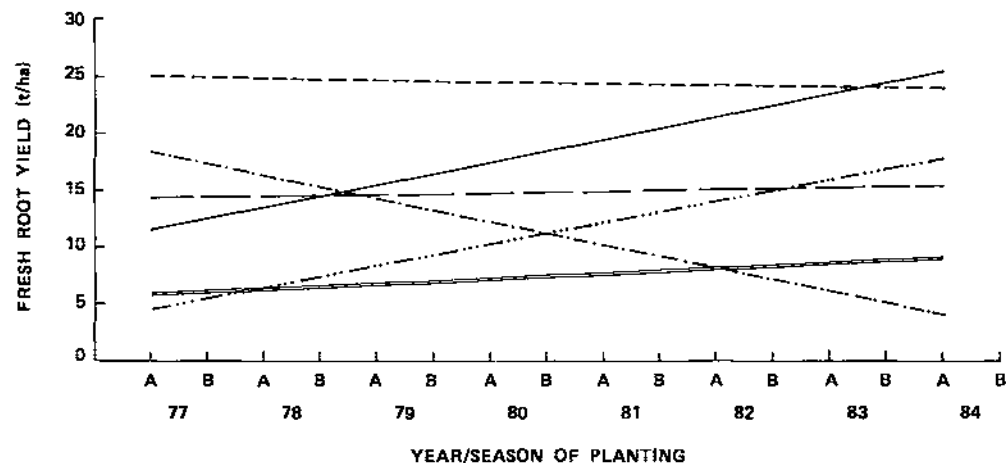


Figure 2. Regressions of yield on year/season of planting in advanced yield trials in Carimagua.



^a x defined by 77A = 1,84A = 15

- Top 5 clones — A season ($y = 0.97x + 10.9^a$)
- Top 5 clones — B season ($y = -0.09x + 25.3$)
- Trial mean — A season ($y = 0.94x + 3.7$)
- . - . - Trial mean — B season ($y = 0.07x + 14.3$)
- Checks — A season ($y = 0.24x + 5.6$)
- Checks — B season ($y = -0.95x + 18.4$)

from 1977 to 1984. Thus an increase in some stress factor(s) during the B season occurred over the period.

The genetic gains due to selection can be determined by comparison of the experimental population with the constant checks. Thus, the regression line for the A season yields clearly represents true genetic progress. On the other hand, the nearly constant B season yields probably represent an equivalent rate of genetic progress when compared to the declining yields of the checks.

It is difficult to separate gains in yield potential versus gains in resistance in the Carimagua cassava populations. Since resistance ratings are subjective, tracing evaluations over years is not necessarily a precise or valid comparison. Nor is it possible to simultaneously compare different generations of selected clones, as each year the nonselected clones are discarded.

IDENTIFICATION OF YIELD CONSTRAINTS

Declining cassava yields over time can often be attributed to declining soil fertility, to build-up of pests, or to a combination of both. In Carimagua a decline in soil fertility can be discarded as a significant factor. First, soil analyses over years showed no significant change in the major nutrients. Secondly, the stability of yields of the checks in the A season plantings shows a significant decline in soil fertility to be unlikely.

Stability of yields of the checks in the A season would seem to indicate a relative stability of pest pressures since 1977. Thus disease pressure probably reached a near maximum in 1977A, soon after isolation as a means to control CBB was discontinued. Figure 3 traces CBB and SED evaluations at peak damage levels (near end of rainy season) during the growth cycle, for the check varieties from 1977B through 1984A. Although there are some year to year variations, no obvious upward or downward trend is evident, except for a rapid increase in SED incidence in 1977. It should, however, be remembered that, as these evaluations are subjective, year to year comparisons may not strictly valid. There were strong correlations of CBB and SED damage levels with yield in all but one season (Table 2), further illustrating the high influence of disease incidence on yield.

If we discard declining soil fertility or increasing disease inoculum as potential contributors to yield decline of the checks in B season after 1977, the most plausible explanation is the increasing mite and insect populations. Up to 1980, no mite or insect damage evaluations were made in the breeding trials, as their incidence was considered to be too low and sporadic to be of major importance. From 1980 onward, increasing mite and insect populations were noted. However, the relationship of damage ratings with yield is less clear than it is with CBB or SED (Table 2). For

Figure 3. Disease damage trends across years in check varieties (Llanera, M Col 1684) in advanced yield trials in Carimagua.

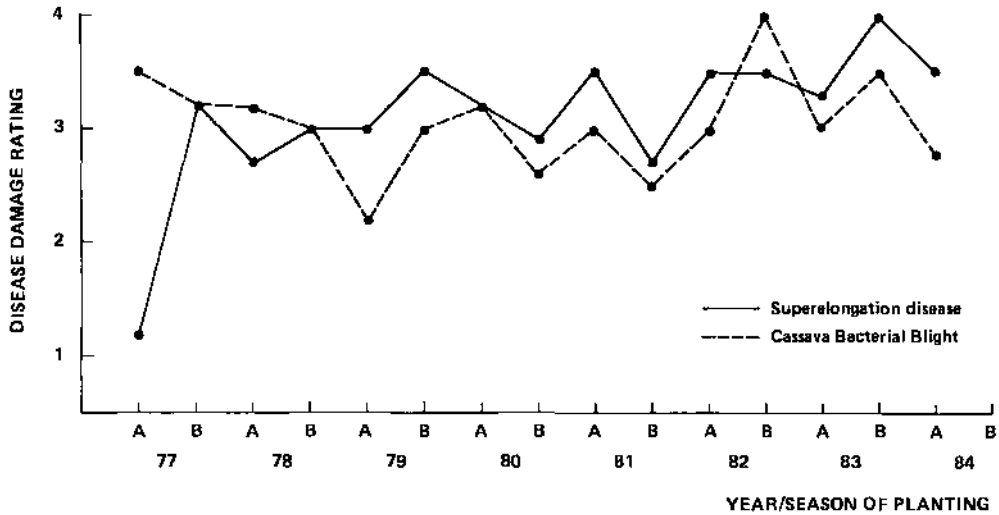


Table 2. Correlations between root yield and damage level from pest attacks Carimagua 1980-1984.

	Bacterial Blight	Supereelongation Disease	Thrips	Laceburg	Mealybug	Green Cassava Mite
1980 A	-- ^a	--				
B	NS	--				--
1981 A	--	--				
B	--	--				
1982 A	--	--			++	
B	--	--				NS
1983 A	--	--		NS		
B	--	--	--	--	--	NS
1984 A	--	--	NS	NS	NS	NS

a -- and ++ = highly significant ($P < 0.01$) negative or positive correlation respectively.

thrips, lacebug, mealybug and green cassava mite, there is at least one season when higher damage levels are significantly correlated with lower yields, but for other seasons they are not. Also, the presence and severity of the individual species of mites and insects varies widely from one season to another. The overall tendency however is clear: there is increasing insect and mite pressure in Carimagua, and these infestations appear to be most damaging to yield in B season plantings.

During the early yield trials (1975 to 1979), when most clones were susceptible to CBB and SED, A season plants were generally defoliated due to diseases by the end of the rainy season. As disease resistance levels were increased, clones planted at the beginning of the rainy season entered the dry season with good foliage retention, thus creating a favorable host environment through the period when weather conditions are also favorable for mite and insect build-up.

EVOLUTION OF A BREEDING STRATEGY

The Carimagua experience in cassava breeding can be summarized in the following terms. Intensive cassava cultivation was introduced into a region where only scattered, small-scale plantations previously existed. Most of the clones initially introduced were susceptible to CBB or SED. For a few seasons, disease was partially avoided by planting clean stem pieces and locating trials in fields isolated from foci of infection. The inoculum potential however, built up by the end of each growing season, requiring continuous changes of plot location to avoid the diseases. When planting in the same plot was continuous, SED and CBB thereafter persisted in epidemic proportions. However, through recombination and selection, both disease resistance and yield potential were increased over time in the advanced selections planted in the A season.

Fungal and bacterial infections have been continuously high over the years, since weather conditions during the rainy season are always favorable to their establishment, inoculum potential is high, and dispersal by wind, rain and birds creates a relatively uniform epidemic within selection plots. Under these conditions, field selection has been highly effective, without any need for greenhouse screening, artificial inoculations, or other enhancement methods.

Mite and insect populations have been much more variable over years than have the pathogens. This is probably an inherent characteristic of insect and mite populations, and can be expected to continue to be more variable from year to year as compared to foliar pathogens. Unlike the diseases, reliable insect and mite evaluations may require special manipulation of populations. These are presently being investigated for the Carimagua station.

Initially, recommendations were made to plant late in the rainy season to avoid highest disease pressure, in CBB-endemic areas. But over the long term, that strategy was not successful in Carimagua; it was, however, a useful interim strategy until mite and insect pressures began to cause serious losses in B season plantings. Yields of the A season plantings began to surpass those of the B season in 1982, and this trend appears likely to continue.

The pest pressures and climatic conditions for the two planting seasons are now so distinct that the most effective strategy seems to be to create two separate breeding populations. For the A season, high CBB and SED resistance will continue to take high priority. For the B season population, intermediate disease resistance should be combined with mite and insect resistance, and probably with drought tolerance during the early root bulking growth phase. There will continue, however, to be expensive genetic interchange between the populations, especially for characteristics required in both, such as acid soil tolerance and yield and quality factors.

CONCLUSIONS

The Carimagua experience in cassava breeding is proposed as a model for extrapolation of some basic principles of resistance and yield breeding to other situations where a new ecosystem is created by change of cultural practices, change of cassava varieties, or introduction of a new pest. One of the key objectives for such situations is to develop long-term yield stability, which will depend to a large degree on maintenance of soil fertility, and on adequate resistance to potential pest problems. Only the latter aspect will be discussed here.

DEFINITION OF POTENTIAL PEST PROBLEMS

Over the past several years data on pest distribution and severity in cassava have been accumulated and analyzed to permit a reasonable prediction of the potential severity of a given pest in a given region. Although this has not yet been compiled and published in a unified form, it is possible for cassava breeders to define key pests for which to seek resistance for their target areas (BELLOTI, et al., (in press); HERSHEY, 1984; LOZANO, et al., 1984; TERRY, 1981). A detailed analysis of this, however, is beyond the scope of this paper.

Introduction of previously unreported pests into a region is wellknown for cassava, as well as many other crops. Two of the most devastating examples are the green cassava mite and the cassava mealybug in Africa (HAHN, 1984). Although introduction per se is often impossible to predict, the potential threat after introduction is partially predictable. For example, SED could be devastating if introduced into

the humid tropics of Africa or Asia. The mealybug would have high destructive potential if introduced to many regions with a long dry season. For all potentially important pests, a contingency plan should be developed in the case of introduction. This could include introduction and evaluation of known resistant clones or populations for adaptation, yield, and other locally important traits.

CHOICE OF A SELECTION SITE

The main selection site for a region should be representative of the region in terms of climate, general soil characteristics, and epidemic incidence of pest problems (BUDDENHAGEN, 1983; HAHN, et al., 1982; HERSHEY, 1984). Often, experiment station sites are selected to represent the most favorable conditions of a region, and thus are inappropriate for selection of cassava, since cassava for commercial production is usually relegated to the poorer soils. No attempt should be made to find selection sites isolated from the problems commonly affecting cassava in the region, either edaphoclimatic or biological.

ASSEMBLING AN APPROPRIATE GERMPLASM BASE

The base population for breeding should consist of clones with genes for all the desired traits, at moderate to high levels of expression if possible. Often local landrace varieties will have some level of resistance to existing stresses, either biological or physical. They are, however, less likely to have resistance to recently introduced or potential problems. In such cases, introduction of germplasm with known resistance will be necessary, even though local selection for further improving resistance will usually not be possible. A germplasm base for breeding should be seen as contributing balanced ecosystem adaptation - that is, a wide range of traits required for varietal acceptability in a region (BUDDENHAGEN, 1983).

Efficiency in breeding is gained by definition of long-term objectives as early as possible, including the prediction of pest problems and resistance levels required for long-term stability.

PEST POPULATION MANAGEMENT TECHNIQUES

A breeder selecting for resistance often has several options, including artificial infestation or inoculation under greenhouse, screenhouse, or field conditions; manipulation of natural populations, in the field, or use of natural populations without any manipulation. A main concern should be to achieve good uniformity of the selection environment, and reduce the error between selection environment and farmers' fields (BUDDENHAGEN, 1983; HAHN et al., 1982). The strategy to be used depends on: 1) the existence or non-

existence of a target pest problem in the selection site, 2) the levels of severity and uniformity of these pests within the selection site, and 3) the ability to discriminate among various pest problems during evaluations.

Sequential screening of different problems in cassava is often possible due to cassava's long growth cycle; during the course of the growth cycle a wide range of pests and pathogens may be present. Before considering to manipulation of populations through time of planting or other cultural practices, one should carefully study whether these practices may modify the plant's behaviour in ways that confound the breeder's ability to select appropriate genotypes. As an example, a late rainy season planting may affect overall plant adaptation to drought stress. Unless the recommendation can be made to farmers to make a similar change, this is probably not a valid selection methodology.

There is some possibility that as general resistance levels continue to rise, the inoculum potential will decrease to the level where natural, unenhanced infections/infestations will be too low or too variable to distinguish moderate susceptibility. Through continued monitoring of moderately susceptible check varieties it should be possible to determine if this point is reached.

The "safe" approach to resistance breeding is to select under higher pest pressure than would be expected under commercial conditions. This assures that resistance levels will be adequately high (not, however, that pathogen evolution will not overcome resistance) for commercial conditions. On the other hand, if pest pressure is excessively high, valuable genetic diversity may be unnecessarily discarded, thus sacrificing potential advances in breeding for other traits.

Pest control need not, of course, involve only resistance breeding. However, in a long season, low value crop like cassava, controls requiring costly inputs are not an economically viable option. Most of the key diseases and many of the insects and mites can best be controlled through host plant resistance. Biological control, and manipulation of cultural practices should be combined with resistance in an integrated management system.

LONG TERM STABILITY OF YIELD

Stability of resistance is one of the most complex problems in the field of resistance breeding. Three aspects will be briefly mentioned here. First, the possibility of pest or pathogen evolution to overcome the host resistance reaction is well-known. Evidence obtained to date for several of the major cassava pests indicates that resistance is generally of a polygenic, additive nature, and that this resistance is likely to be durable (HAHN, 1978; HAHN, et al., 1982; KAWANO, et al., 1983; ROBINSON, 1979; UMEMURA,

et al., 1983). Secondly, there are continual changes in pest and pathogen populations, especially when new cultural practices are introduced, or changes in other environmental conditions occur. Thus, apart from any "breaking down" of resistance, population fluctuations can result in outbreaks. Thirdly, new pests may be introduced into a region with devastating effects.

As cassava cultivation is intensified and moves into new areas, the balance of pest problems affecting the crop will probably be of more significance to the breeder than the durability of resistance to a given pest. As yet, there are no adequate models for predicting behaviour of pest populations in cassava, even in relatively stable production systems; much less in changing systems.

Our experience in Carimagua illustrates the complexity of the problem, especially for mites and insects. The accumulation of data from similar experiences should eventually aid in defining all target pests for resistance breeding in a region of given edaphoclimatic characteristics.

Agro-ecosystems are naturally less stable than evolutionarily old natural ecosystems, but in cassava, the levels of resistance to a wide range of pest problems give rise to the hope that long-term yield stability can be achieved while simultaneously introducing improved agronomy to raise yield potential.

REFERENCES

- BELLOTTI A.C., HERSHEY C.H. and VARGAS O. (In press) Recent advances in resistance to insect and mites pests of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Cassava Breeding Workshop, March 4-7, 1985, VISCA, Leyte, Philippines
- BUDDENHAGEN I.W. 1983. Breeding strategies for stress and disease resistance in developing countries. Ann. Rev. phytopathol. 21 :385-409
- CIAT(Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Annual Report 1984, Cassava Program, working Document No. 1, 1985, Cali, Colombia, 270 p.
- HAHN S.K. 1978. Breeding cassava for resistance to bacterial blight. PANS 24 : 480-485.
- HAHN S.K. 1978. Progress on root and tuber improvement at IITA. In: Symposium of the International society for Tropical Root Crops, 6th, Lima, 1983. Proceedings, Lima, International Potato Center CIP, 1984. pp. 55-58.
- HAHN S.K., TERRY E.R., LEUSCHNER K. and SINGH T.P. 1982. Cassava improvement strategies for resistance to major economic diseases and pests in Africa. p. 25-28. In : TERRY E.R., ODURO K.A. and CAVENESS F.

- (eds.), Tropical root crops: research strategies for the 1980s. Proc. First Triennial Root Crops Symp. of the Intern. Soc. Trop. Root Crops, Africa Branch, Ibadan, Nigeria, 1980. IDRC-163e. Intern. Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- HERSHEY C.H. 1984. Breeding cassava for adaptation to stress conditions: development of a methodology. In: Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6th, Lima 1983. proceedings. Lima, International Potato Center CIP, 1984. pp. 303-314.
- HERSHEY C.H. (In press). Cassava germplasm resources. Cassava Breeding Workshop, March 4-7, 1985, VISCA, Leyte, Philippines.
- KAWANO K., UMEMURA Y., KANO Y. 1983. Field assessment and inheritance of cassava resistance to superelongation disease. Crop Sci. 23: 201-205.
- LOZANO J.C., BYRNE D. and BELLOTTI A. 1980. Cassava/ecosystem relationships and their influence on breeding strategy. Trop. Pest Mgmt. 26: 180-187.
- LOZANO J.C., C.H. HERSHEY, BELLOTTI A. and ZEIGLER. R. 1984. A comprehensive breeding approach to pest and disease problems of cassava. in: Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6th, Lima, 1983. Proceedings. Lima, International Potato Center CIP, 1984. pp. 315-320.
- PURSEGLOVE J.W. 1968. Tropical Crops: Dicotyledons. Longmans, London. 719 p.
- ROBINSON R.A. 1980. New concepts in breeding for disease resistance. Ann. Rev. Phytopathol. 18: 189-210.
- TERRY E.R. 1981. Cassava: Ecology, diseases, and productivity: Strategies for the future research. p. 45-48. in : TERRY E.R., ODURO K.A. and CAVENESS F. (eds.), Tropical root crops: research strategies for the 1980s. Proc. First Triennial Root Crops Symp. of the Intern. Soc. for Trop. Root Crops, Africa Branch, Ibadan, Nigeria, 1980. IDRC-163e. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- UMEMURA, Y. and KAWANO K. 1983. Field assessment and inheritance of resistance to cassava bacterial blight. Crop Sci. 23: 1127-1132.

GEL CONSISTENCY, VISCOSITY AND AMYLOSE CONTENT OF CASSAVA FLOUR

*(Consistance en colloïde, viscosité et contenu en amylose de
la farine de manioc)*

Aurea M. ALMAZAN

International Institute of Tropical Agriculture
PMB 5320, Oyo Road, Ibadan, Nigeria

SUMMARY

Qualities of processed products from cassava tubers and flour depend on the varieties or lines used. Rapid screening methods for these qualities are being developed based on their correlations with some chemical and physical properties of the flour. Paste viscosity values obtained from the Brabender viscograph and amylose content were correlated to gel consistency. Maximum paste viscosity and setback viscosity correlate negatively with gel consistency while amylograph consistency correlates positively with gel consistency. A simple method of determining gel consistency and its application in screening cassava lines are described.

RESUME

Les qualités des produits de la transformation des tubercules de manioc et la farine dépendent des variétés et des clones utilisés. Des méthodes rapides de sélection pour ces qualités sont décrites avec pour base leurs corrélations avec quelques propriétés chimiques et physiques de la farine. Les valeurs de la viscosité de la pâte obtenues au viscographe de Brabender et le contenu en amylose ont été corrélés à la consistance en colloïde. La viscosité maximum de la pâte et la viscosité de tassement sont en corrélation négative avec la consistance en colloïde tandis que la viscosité au viscographe est en corrélation positive avec la consistance en colloïde. Une méthode simple de détermination de la consistance en colloïde et son application pour la sélection de clones de manioc sont décrites.

INTRODUCTION

Few investigations on the viscosity, gel consistency and amylose content of cassava flour and starch have been made. RASPER (1969) determined the viscosity changes and gel consistency of starches from different major starch crops in Ghana. However, gel consistency of the cassava starch was too low to be measured by the FIRA jelly tester. He was not able to evaluate the values for cassava.

In a study correlating chemical and rheological properties and quality of cassava tuber and gari, OLORUNDA et al., (1981) noted that cultivars with high amylose content also had high starch maximum paste viscosity. The number of clones used was five, too small to establish any relationship. CIACO and D'APPOLONIA (1977) obtained amylose content and maximum paste viscosity of cassava, yam, arrowroot and wheat starches and related the latter parameter to bread quality.

In the Root and Tuber Improvement Program of IITA, chemical and physical properties, specially rheological properties, of the flours and starches from different cassava clones are being determined and correlated to certain qualities of the tuberous root and its processed products. Rapid screening methods are being developed based on these correlations. This paper presents results from studies on viscosity, amylose content and gel consistency of cassava flour and their correlations.

MATERIALS AND METHODS

Preparation of Cassava Flour

Flours were prepared from 31 IITA clones (Table 1). Tubers from 12-month-old plants were washed, peeled, re-washed, cut into thin chips, dried to less than 10 per cent moisture at 55°C and ground in a Wiley mill (0.5 mm sieve).

Viscograph of Cassava Flour

The viscosity of cassava flour paste was measured with a Brabender viscograph. Fifty grams flour were suspended in 450 ml distilled water, then poured into the measuring vessel. Change in viscosity at 75 rpm was continuously recorded using a 700 cmg measuring box. Temperature was increased from 25°C-95°C at 1.5°C/min, kept at 95°C for 20 min., lowered to 50°C at the same rate, then maintained at 50°C for 20 min. Values read from the viscograph were maximum viscosity, viscosity at 95°C, and viscosity at 50°C.

Gel Consistency Determination

Gel consistency is defined as the length of gelatinized cassava flour paste in a test tube after cooling to room temperature. This definition and the method for its determination are essentially those used for milled rice (CAPAMPANG et al., 1973). Flour (0.15 g) was weighed into lipless 13 mm x 100 mm test tubes, wet with 0.1 ml 0.025 per cent thymol blue in 95 per cent EtOH and suspended in either 2.0 ml distilled water or 2.0 ml 0.2 N KOH using a Vortex-Genie mixer. The tubes were immediately covered with marbles and placed in boiling water. After 5 min., these were removed from the bath, re-mixed and cooled for 15 min. in ice-water. These were laid flat on graphing paper mounted on a table. Gel length in mm was read after 30 min.

Amylose Assay

The procedure of JULIANO (1971) based on WILLIAMS et al., (1958) for amylose assay was modified. Flour (100 mg) was weighed into a 100 ml volumetric flask, wet with 1.0 ml 95 per cent EtOH, then suspended in 9 ml 1 N NaOH. After standing overnight, the suspension was placed in boiling water bath for 30 min., cooled then diluted to 100 ml with water. To a 2-ml aliquot in a test tube, the following were added successively, mixing after each addition: 1.0 ml 0.1 N HCl, 0.4 ml 0.2 per cent I in 2 per cent KI, 8.0 ml H₂O, 0.5 ml 0.1 N HCl, and 8.0 ml H₂O. After 20 min., the absorbance was read at 590 nm. Blank and standard solutions of potato amylose (0.1-0.4 mg/ml) were treated similarly.

RESULTS AND DISCUSSION

A characteristic viscograph of cassava flour is shown in Figure 1. Paste viscosity started increasing at the pasting temperature which ranged from 63 to 72°C. At this temperature, appreciable granule swelling had occurred and viscosity was sufficient to be recorded by the viscograph (LEACH, 1965; MYERS and KNAUSS, 1965). Viscosity rapidly rose to a peak value due to swollen starch granule resistance. At this time, a dynamic situation prevailed where some granule resistance. At this time, a dynamic situation prevailed where some granules were still swelling while others were disintegrating under the influence of heating and stirring. Maximum viscosity was obtained when the increase in structural viscosity caused by swollen starch aggregates was balanced by the decrease in viscosity due to disintegration and solubilization of the starch. The temperature at maximum viscosity for cassava flours ranged from 72 to 93°C. Disintegration and solubilization of the granules predominated as temperature was increased to 95°C, then maintained at 95°C for 20 min.,

TABLE 1 : IITA CASSAVA CLONES USED IN PREPARING FLOURS

TMS 518	TMS 30572	TMS 63397
TMS 1525	TMS 42055	TMS 84261
TMS 8010	TMS 50395	TMS 91142
TMS 8034	TMS 53101	TMS 91934
TMS 8042	TMS 53101	TMS 4(2)0156
TMS 30001	TMS 58308	TMS 4(2)0267
TMS 30040	TMS 60142	TMS 4(2)0378
TMS 30474	TMS 60447	TMS 4(2)0780
TMS 30555	TMS 60506	TMS 4(2)1425
	TMS 61677	

ISUNIKANKIYAN

OYARUGBA FUNFUN

OYARUGBA DUDU

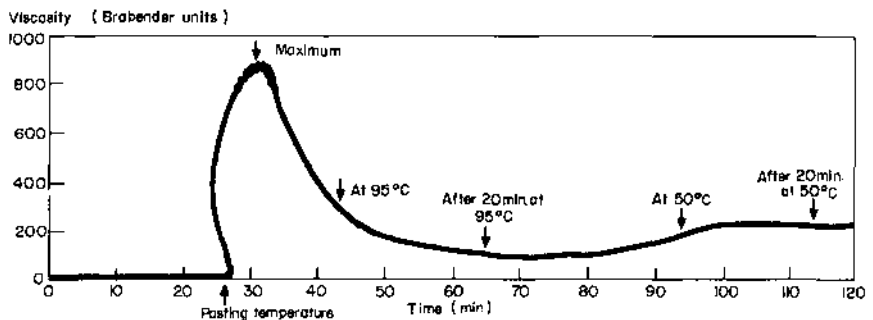


Fig. 1: Viscograph of cassava flour

resulting in decrease viscosity. When the paste was cooled to 50°C, the swollen granule fragments, and the colloiddally and molecularly dispersed starch molecules tend to associate or retrograde resulting in increased viscosity, and continued up to 20 min. when the trial ended.

The gel consistency test developed for milled rice (CAGAMPANG et al., 1973) used gel length as an index of cold pasted consistency. Together with amylose content, it is used to determine cooled rice texture in screening for eating quality preferences in the rice breeding program (PEREZ, 1979). Rice gels in 0.2 N KOH were generally more stable to liquid phase separation than gels in water. In this study, both water and 0.2 N KOH were used as solvents. Figures 2 and 3 show the gel lengths of flour from several cassava clones in KOH and in water. Gels in 0.2 N KOH were blue, those in water were yellow-orange. The flour suspension in H₂O was pH 6.

The distribution of amylose content in the 31 cassava clones is shown in Figure 4. Values ranged from 13 to 25 per cent with most the values in a narrow range of 15-25 per cent.

Correlation coefficients among amylose content, gel lengths in KOH and in water, maximum paste viscosity, setback viscosity and amylograph consistency were determined. Setback viscosity is the difference between maximum viscosity and viscosity at 50°C. Amylograph consistency is viscosity on cooling to 50°C minus viscosity at 95°C. Both measure the tendency of the gelatinized starch to retrograde on cooling.

Amylose concentration did not correlate with gel lengths and the viscosity parameters. No correlation was found between gel length in 0.2 N KOH and any of the viscosity values. However, gel length in water was either highly significantly or significantly correlated with maximum and setback viscosities and amylograph consistency.

Maximum paste viscosity was negatively correlated with gel length in water ($r = -0.6911^{**}$) as shown in Figure 5. Gel consistency of cassava flour can, therefore, be used as an index of its maximum paste viscosity. It can be used to screen cassava clones for high maximum paste viscosity. Such clones are suitable for cassava breads with pentosan (ALMAZAN, 1985).

Gel length in water was also negatively correlated with setback viscosity ($r = -0.5501^{**}$) (Fig. 6). Clones with lower gel length have a greater tendency to retrograde on cooling. A positive correlation between gel length and amylograph consistency ($r = 0.45007^{*}$) was obtained (Fig. 7). This also showed that clones with lower gel consistency tend to retrograde more on cooling. With rice, lower gel consistency tend to retrograde more on cooling. With rice, lower gel consistency samples have a harder cooked texture (PEREZ and

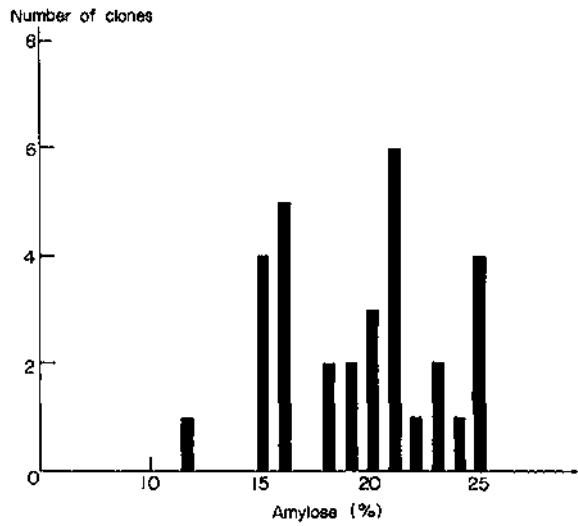


Fig.2 :Amylase concentration of cassava flours (n=31)

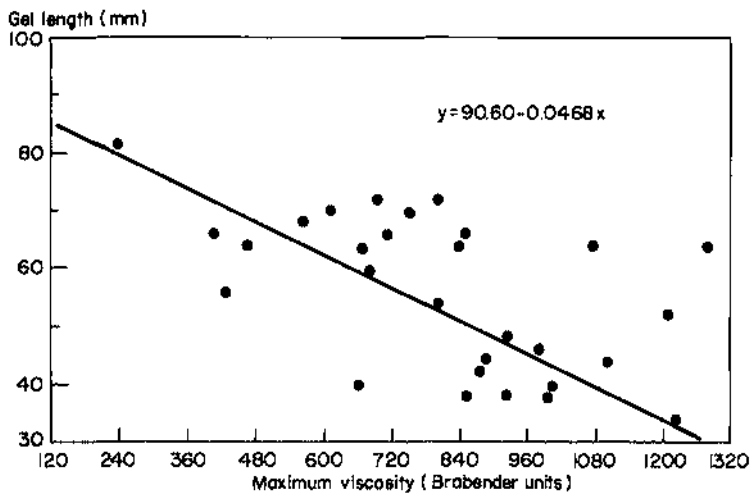


Figure 3

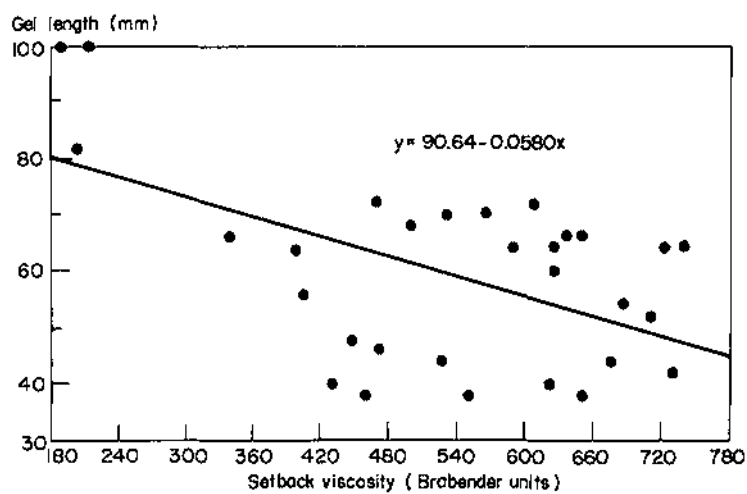


Figure 4

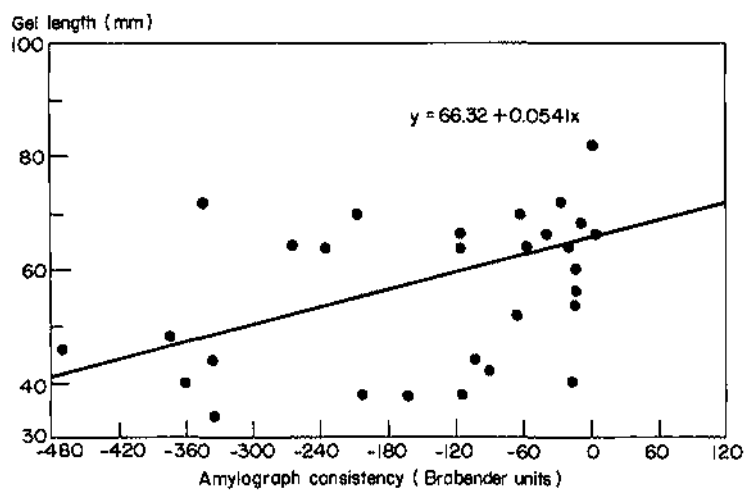


Figure 5

JULIANO, 1979). Whether such a relationship is true between gel consistency of cassava flour and texture of some processed cassava products such as fufu will be investigated.

Gel consistency of cassava flour can, therefore, be used as a tool in assessing same flour qualities of cassava clones particularly those dependent on rheological properties of the starch because it is correlated with maximum paste viscosity, setback viscosity and amylograph consistency.

REFERENCES

- ALMAZAN, A.M., 1985.- Maximum paste viscosity determines quality of cassava breads with pentosan. International Institute of Tropical Agriculture Annual Report for 1984. Ibadan, Nigéria. In press.
- CAGAMPANG, G.B., C.M. PEREZ and B.O. JULIANO., 1973.- A gel consistency test for eating quality of rice. J. Sci. Food Agr. 24 : 1589.
- CIACO, C.P. and B.L. D'APPOLONIA., 1977.- Characterization of starches from various tubers and their use in bread-making. Cereal Chem. 54 (5) : 1096.
- JULIANO, B.O., 1971.- A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today. 16 : 334.
- LEACH, H.W., 1965.- Gelatinization of starch. In R.L. Whistler and E.F. Paschall, eds. Starch : Chemistry and Technology, Vol. I, Fundamental Aspects. New York : Academic Press. pp. 289-307.
- MYERS, R.L. and C.J. KNAUSS., 1965. Mechanical properties of starch pastes. In R.L. Whistler and E.F. Paschall, eds. Starch : Chemistry and Technology, Vol. I, Fundamental Aspects. New York : Academic Press. pp. 397-399.
- OLORUNDA, A.O., O.C. AWORH and F.A. NUMFOR., 1981.- Technical Note : Predicting quality of cassava products with the aid of chemical and rheological properties. J. Fd. Technol. 16 : 447.
- PEREZ, C.M., 1979.- Gel consistency and viscosity of rice. In Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Grain Quality. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. pp. 293-302.
- PEREZ, C.M. and B.O. JULIANO., 1979.- Indicators of eating quality for non-waxy rices. Food Chem. 4 : 185.

- RASPER, V., 1969.- Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. 1. Hot paste viscosity and gel-forming power. J. Sci. Fd. Agric. 20 : 165.
- WILLIAMS, V.R., W.T. WU, H. Y. TSAI and H.G. BATES, 1958.- Varietal differences in amylose content of rice starch. J. Agr. Food Chem. 6 : 47.

CYRTOMENUS BERGI FROESCHNER, A NEW PEST OF CASSAVA :
BIOLOGY, ECOLOGY AND CONTROL

(*Cyrtomenus Bergi Froeschner* ravageur de manioc :
Biologie, Ecologie et Lutte)

Anthony C. BELLOTTI
Octavio VARGAS H.
Bernado ARIAS
Oscar CASTANO
Cesar GARCIA

CIAT
Apartado Aero 6713
Cali, COLOMBIA

SUMMARY

Nymphs and adults of this subterranean sucking insect, *Cyrtomenus bergi* Froeschner, feed on cassava roots by means of a thin, strong stylet. Insect feeding combined with soil pathogens induce the appearance of brown to black spots on the white fleshy root, rendering it commercially unacceptable. In recent years severe attacks of this pest have caused severe crop losses in several cassava growing areas of Colombia. Life cycle studies indicate an egg stage of 13.6 days, five nymphal stages totalling 111.2 days, and an adult stage of 293.4 days. Field studies show that *C. bergi* populations are present in the soil throughout the crop cycle and root damage is initiated during the first or second month. Studies show that there is a definite preference for feeding on low HCN varieties. Studies of control of *C. bergi* show that foliar applications of a systemic pesticide will reduce damage but intercropping with repellent varieties is more promisory.

RESUME

Les larves et les adultes de *C. bergi* se nourrissent sur les tubercules de manioc au moyen d'un fin et solide stylet. L'alimentation de l'insecte combinée avec les pathogènes du sol provoque l'apparition de taches brunes à noires sur les parties charnues blanches des tubercules les rendant inacceptables sur le plan commercial. Dans les années récentes des attaques importantes de ce ravageur ont causé de sévères pertes dans plusieurs régions de culture du manioc en Colombie. Les études sur le cycle de cet insecte ont montré en moyenne que l'incubation des oeufs était de 13,6 jours, que la durée des 5 stades larvaires était de 111,2 jours et que le stade adulte était de 293,4 jours. Les études en champs ont montré que les populations de *C. Bergi* étaient présentes dans le sol pendant toute la période de cul-

ture et que les dégâts intervenaient pendant le premier ou le second mois de végétation. Les études ont montré qu'il y avait également une très nette préférence pour les variétés à basse teneur en HCN. Les études concernant la lutte contre *C. bergi* ont montré que l'application foliaire d'insecticide systémique réduisait les dégâts mais l'utilisation de rotation avec des variétés non attractives paraissait plus prometteuse.

INTRODUCTION

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is attacked by a wide range of insects and mites (BELLLOTI and SCHOONHOVEN, 1978). The great majority of these pests are leaf and stem feeders and their subsequent damage, therefore is indirect in that the commercial part of the plant, the swollen root is not directly fed upon by these pests. Few pests directly feed upon the roots ; termites, grubs and certain species of borers are reported as occasional root feeders.

In recent years, beginning about 1980, damage to cassava roots caused by a subterranean sucking insect, *Cyrtomys bergi* Froeschner, has been observed in several important cassava growing regions of Colombia. Damaged roots are rendered commercially unacceptable for the fresh root market and often are also rejected by the processing market. Since root damage cannot be detected until roots are harvested and peeled, a 20 to 30 per cent infestation (percentage of roots damaged) will often result in complete rejection by middlemen who purchase roots by the truck-load or while still in the field.

The potential damage of this insect is, therefore, extremely serious for the fresh market. Consequently the CIAT Cassava Entomology Program initiated studies into the biology, ecology and control of this pest.

PEST DESCRIPTION AND DAMAGE

Nymphs and adults of *C. bergi* feed on the swollen roots of cassava by injecting their strong thin stylets through the root peel into the parenchyma. Insect feeding combined with soil pathogens induce the appearance of brown to black spots on the white fleshy root, rendering it commercially unacceptable. This feeding habit results in the transmission of several fungal pathogens and their development causes a "smallpox" effect on the edible portion of the root. These pathogens include species from the genera *Aspergillus*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Genicularia*, *Phytophthora* and *Pythium*. These micro-organisms degrade the infected root tissues causing initial localized rots which can invade the entire root along the vascular system. Lesions are pale to dark brown spots which show tissue degradations (CIAT, 1981). Laboratory observations show that these spots begin to appear at 12 to 24 hours after feeding is initiated.

Adults are black in color, with short legs, provided with strong spines, which help them move in the soil. Nymphs are dark brown to almost black in color with white to cream colored abdomens. When disturbed these insects become immobile and appear dead, making them difficult to find. At harvest they can be found adhering to roots by their stylets.

BIOLOGY AND ECOLOGY OF *C. BERGI*

Studies on the duration and dimension of the life stages were undertaken in the laboratory on cassava roots (Var CMC-40). One to two cm piece of cassava roots were wrapped in parafilm and placed on the soil surface in a deep plastic tray. A *C. bergi* colony could be maintained for 8 to 10 days before roots pieces needed to be replaced. Life cycle studies were done by individually maintaining nymphs on root pieces on soil in 5 cm diameter petri dishes (average temperature 23°C and 65 per cent relative humidity) (GARCIA and BELLOTTI, 1980).

Eggs are translucent, cream-colored, oval, with a smooth shining surface. The incubation period is an average of 13.6 days (Table 1). The nymphal stage has five instars with a total average duration of 111.15 days. The first pair of legs are the excavating type with spined tibia, which facilitate movement in the soil (CIAT, 1981).

The recently emerged adults are cream colored, gradually changing to their characteristic dark brown to black color. Adult longevity was measured at an average of 293.4 days (CIAT, 1982).

The resulting life cycle is therefore more than one year, during which time *C. bergi* can survive feeding only on cassava roots. This means that this pest can maintain and increase its populations in cassava fields without feeding on an alternate host.

FIELD INCIDENCE AND ECONOMIC DAMAGE

The field incidence of *C. bergi* in cassava was measured at the CIAT-Quilichao experiment station on two varieties CMC 40, low HCN, and M Mex 59, intermediate HCN. Since feeding by *C. bergi* is underground, populations were determined by excavating around cassava roots on a monthly basis and nymphs and adults were recorded. An experiment was also designed to determine the stage in the crop growth cycle when *C. bergi* attacks are initiated and to monitor the damage done to roots throughout the crop cycle. To do this, 20 plants were uprooted each month and roots examined beginning at the second month of plant growth.

Table 1. Dimensions and duration of the life stages of *Cyrtomenus bergi* feeding on cassava root (var. CMC-40) under laboratory conditons (22° and 65% relative humidity).

Life stage	N° observation	Dimensions average (mm)		Duration (days)		Standard deviation
		Length	Width	Range	Average	
<u>Egg</u>	89	1.32	0.92	11-18	13.60	1.79
<u>Nymph</u>						
Instar						
I	85	1.70	1.18	12-18	13.76	1.31
II	86	2.76	1.64	15-22	17.80	1.83
III	75	3.45	2.13	19-26	21.09	1.73
IV	98	4.60	2.92	19-30	24.95	2.20
V	103	6.15	3.88	26-38	33.55	2.61
Total				91-134	111.15	
<u>Adult</u>						
Female		7.30	4.44		293.4	
Male		7.00	4.06			

Results show that *C. bergi* populations are present in the soil throughout the crop cycle (Fig. 1). Nymphs and adults were found around the roots of both varieties beginning at the second month of crop growth. Populations were about three times higher around the roots of CMC 40 as compared to M mex 59. In general, population increased with the age of the plant for CMC 40 but remained more constant with M Mex 59.

By measuring root damage it was determined that root attack began by the second month of plant growth (Fig. 2). At this point 25 per cent and 35 per cent of the roots of M Mex 59 and CMC 40 respectively show damage from the feeding of *C. bergi*. By eight months, 85 per cent of the roots of CMC 40 and 65 per cent of M Mex 59 were damaged by *C. bergi* attack. There was a definite upward trend in damage with increased plant age. These high levels of damage translate into a complete crop loss and indicate that any control measures must be undertaken very early in the crop growth cycle, most probably at planting.

FEEDING PREFERENCE-STUDIES

Laboratory studies have indicated that there is a strong preference for *C. bergi* to feed on sweet or low HCN varieties vs. bitter or high HCN varieties. Field studies at CIAT-Quilichao compared two varieties, CMC 40, low HCN content and M Col 1684, high HCN content. Ten blocks of nine plants each were randomly planted for each variety were evaluated.

Results showed a definite preference for *C. bergi* feeding on low HCN varieties (Table 2). Only 0.3 per cent of the roots of M col 1684 (high HCN) were damaged while 27.3 per cent of those of CMC 40 (low HCN) were damaged.

CONTROL OF *C. BERGI*

Chemical control

Chemical control studies of *C. bergi* were undertaken due to the severity of the pest. An experiment was designed to evaluate three insecticides and two methods of application. The pesticides Sistemin (48 per cent) and Furandian PF were foliar-applied and Furadan 3 per cent and Aldrex 2 per cent were applied to the soil. All pesticides were applied at monthly intervals but Sistemin was also applied every two months as a separate treatment. The control plots received no insecticide application. Two varieties were compared, CMC 40 and M Col 1684 and plants were harvested at 10 months.

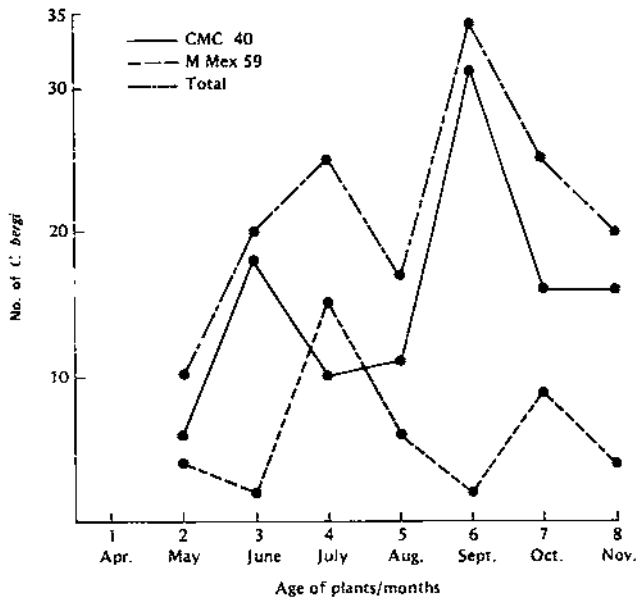


FIGURE 1. Populations of *Cyrtomenus bergi* associated with cassava roots over an eight month period at Santander de Quilichao, Valle, Colombia.

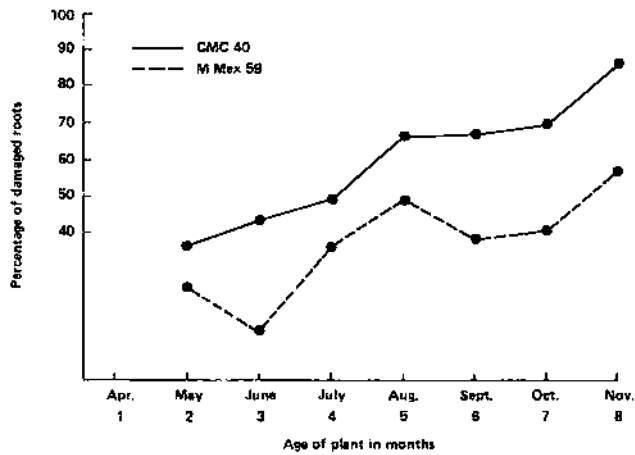


FIGURE 2. Percentage of cassava roots damaged by an attack of the subterranean sucking insect *Cyrtomenus bergi* (Froschener).

Table 2. Feeding preference of the subterranean sucking insect *Cyrtomenus bergi* (Froeschner) in two cassava varieties, CMC 40 (low HCN content) and M Col 1684 (high HCN content) under field conditions (CIAT- Quilichao).

Varieties ^a	N° Damaged Roots ^b	% Damaged Roots
CMC 40	8.2	27.3
M Col 1684	0.1	0.3

^a Ten blocks of nine plants each for each variety.

^b Thirty roots evaluated in each block.

Results show that all pesticide applications reduced the incidence of *C. bergi* attack on CMC 40 resulting in fewer damaged roots (Table 3). Sistemín was the most effective product and there was no significant difference with application at one and two month intervals. An average of about 9 per cent of the roots of the Sistemín-applied plots were damaged. Furadan applied to the soil was more effective than the foliar application (18.5 vs. 31.7 per cent). Aldrex was also effective in reducing damage (23.5 per cent) of roots damaged) but not as effective as Sistemín. Damage levels in the control plots with CMC-40 were very high with 85 per cent of the roots damaged. M Col 1684 ; a bitter variety suffered only minor damage, again showing the strong preference of *C. bergi* for feeding on low HCN varieties.

Cultural, Botanical control of *C. bergi*

Numerous plant species possess insecticidal qualities ; i.e. they can detrimentally affect the development of insects or may act as a repellent to certain insect species or affect insect development or presence in various ways. *Crotalaria* sp. (SUNNE HEMP) is known to have insecticidal qualities.

Preliminary laboratory studies tested the ability of *C. bergi* to feed on the roots of several crops including cassava, corn, sorghum and *Crotalaria* sp. Results showed a no-preference for feeding on *Crotalaria* and a preference for

Table 3. Chemical control of the subterranean sucking insect, Cyrtomenus bergi (Froeschner) attacking cassava (Santander de Quilichao, Colombia).

Treatment	N°. Damage Roots		% Damaged Roots	
	CMC 40	M Col 1684	CMC 40	M Col 1684
Sistemin 48% 2 cc/L. H ₂ O Every 2 months Folliage application	1.7	0	8.3	0
Sistemin 48% 2 cc/L. H ₂ O Every month Folliage application	2.0	0	10.0	0
Furadan 3% - 1 gr/plant Every month Soil application	3.7	0.7	18.5	3.5
Aldrex 2% - 2 cc/L. H ₂ O Every month Soil application	4.7	0	23.5	0
Furadan 4F - 1 cc/L. H ₂ O Every month Folliage application	6.3	0	31.7	0
Control (no treatment)	17.0	0	85.0	0

the other species. Therefore several experiments were designed to study the effectiveness of intercropping and rotation of *Crotalaria* and Cassava, and to compare this to chemical control and varietal preference. These experiments were carried out in farmers fields with Chiroza Gallinaza a low HCN, high yielding, commercially preferred variety, and compared to M Col 1684 a high HCN variety but not commercially acceptable for the fresh market.

The pesticide treatment, Dimethoate 2 cc/lit water, applied every 15 days, did not effectively control *C. bergi* on the low HCN variety (Table 4). Chiroza had 30.0 and 61.2 per cent root attack for the treated and non-treated plots of M Col 1684 (high HCN) were completely free of *C. bergi* attack.

Results with cassava intercropped with *Crotalaria* were impressive ; only 3.7 per cent of the roots of Chiroza were damaged when intercropped with *Crotalaria* vs. the 62.2 per cent root damage when grown in monoculture (Table 4). Intercropping with *Crotalaria* is considerably more effective than the pesticide treatment. However, it reduced yield by 22 per cent.

Nevertheless, a 61 per cent root damage in commercial terms is a 100 per cent loss as the crop would not be harvested since damaged roots cannot be determined until they are peeled. Therefore, the 22 per cent yield reduction is monetarily acceptable.

DISCUSSION

Although *C. bergi* may not reduce the yield of cassava roots it can greatly reduce the commercial value of the crop for both the fresh and processing market. This soil-borne insect is presently causing severe losses in localized cassava growing regions and potentially can spread to other regions. Its geographic range has not been determined ; however, several additional hosts have been reported, including peanut, onion, pastures, potatoes, coffee and corn.

The long life cycle of the insect, more than one year, and its ability to survive, complete its cycle and reproduce, feeding only on cassava indicates that this is a durable pest able to survive and infest succeeding crops of cassava. This greatly influences what control measures might be successful and economically feasible.

The use of chemical pesticides is generally not recommended in cassava fields especially when repeated applications are needed. Repeated pesticide applications are not only costly, especially for traditional farmers, but they also destroy the natural enemies that control or reduce populations of several other cassava pests. In addition, as seen from the previous cited results, chemical control is not

Table 4 A comparison of cassava root damaged caused by *Cyrtomenus bergi* when cassava is planted in monoculture, intercropped with crotalaria, treated with a pesticide and the use of a high HCN variety.

Treatment	Yield t/ha	% Root damage	Damage level (0-5 scale)
Cassava (Chiroza) Monoculture	38.4 b*	61.2 a	3.5
Cassava (Chiroza) + Crotalaria	29.9 c	3.7 c	0.5
Cassava (Chiroza) + Pesticide ^a	40.6 b	30.0 b	2.5
Cassava (M Col 1684) + Pesticide	56.1 a	0 d	0
Cassava (M Col 1684) without pesticide	57.0 a	0 d	0

^a Dimethoate 2 cc/lit water.

* Numbers in the same column are not significantly different at the 0.05 % level of the Duncan Multiple Range Test.

always effective, especially where there are high populations of the pest. Since it is the cassava root that is damaged by this pest the quality of the root is directly affected and its commercial value reduced. Therefore even a light infestation in a cassava field can result in severe losses. This is in contrast to light infestations of pest on cassava leaves or stems which usually result in little or no economic losses. Therefore one or two pesticide applications would probably not be enough to prevent root damage and a more permanent type of control is needed.

The use of intercropping with *Crotalaria* or other similar crops that deter or repel *C. bergi* development offers the most promising potential for control of the pest. In addition there is the added benefit that *Crotalaria*, a legume, acts as a green manure and enhances soil nutrition. It is also possible that the crop association can be manipulated so that there is no reduction in cassava yields due to competition with *Crotalaria*. Further research could determine alternative crops with a commercial value which would also deter *C. bergi* populations. This type of research is presently being carried out.

LITERATURE CITED

- BELLOTTI A., and A. VAN SCHOONHOVEN, 1978. Mite and Insect pests of cassava. Ann. Rev. Entomology. 23:39-67.
- Centro International de Agricultura Tropical. 1981. Cassava Annual Report 1980, Cali, Colombia, 93 pp.
- Centro International de Agriculutura Tropical, 1982. Cassava Annual Report 1981. Cali, Colombia.
- GARCIA C.A., and A.C. BELLOTTI, 1980. Estudio preliminar de la biologia y morfologia de *Cystomenus bergi* Froeschner, Nueva plaga de la yuca. Rev. Col. de Entomol. 6:3&4, 55-61.

ETUDE DES RELATIONS PLANTE-INSECTE
POUR LA MISE AU POINT DE METHODE DE REGULATION DES
POPULATIONS DE LA COCHENILLE DU MANIOC

(Plant-insect relationships studies to improve
cassava mealybug regulation methods)

Gérard FABRES et Bruno LE RU

ORSTOM
Laboratoire d'entomologie
BP 181
BRAZZAVILLE, CONGO

RESUME

Après l'introduction accidentelle en Afrique Inter-tropicale d'un nouveau ravageur du manioc (*Phenacoccus manihoti* Hom. *Pseudococcidae*) les campagnes organisées pour la régulation des populations de ce déprédateur ont été essentiellement orientées vers l'utilisation d'entomophages exotiques (hyménoptères et *Coccinellidae*) en provenance du nouveau monde. Assez curieusement, une approche intégrée mettant à profit les mécanismes qui régissent les relations entre la plante et la phytophage, a été jusqu'ici totalement négligée. Les travaux qui se développent actuellement dans ce domaine au Congo ont pour but de combler cette lacune. Nous donnerons ici les résultats préliminaires de l'étude de l'influence de quelques paramètres de la physiologie du végétal sur le potentiel biotique du ravageur : influence de la variété, de l'âge des organes végétaux, de l'âge de la plantation, du stress hydrique. Ces résultats permettent de proposer des solutions de type agronomique, compatibles avec l'utilisation d'insectes entomophages, ou même complémentaires des opérations d'acclimatation des auxiliaires.

SUMMARY

Regulation campaign of the accidentally introduced *Phenacoccus manihoti* (Hym., *Pseudococcidae*) in tropical Africa have essentially used new-world entomophagous insects. Curiously, no integrated approach involving the insect-host plant relationships has been proposed until now. The impact of some physiological parameters of the vegetal on the pest's biotic potential are given ; vegetal variety, age of organs, age of plantation, hydric stress. These results allow the proposal of agronomic methods fitting with utilisation of entomophagous insects or even with their acclimatation procedures.

CADRE DE L'ETUDE

La cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, a été signalée pour la première fois en 1973 au Zaïre (HAHN & WILLIAMS, 1973) et au Congo (SILVESTRE, 1973). Depuis cette date elle a colonisé une grande partie de l'Afrique Centrale et de l'Ouest où elle cause de très importantes pertes à la récolte (NWANZE, 1982).

Lorsque la communauté scientifique pris conscience qu'il s'agissait de l'introduction accidentelle d'un nouveau ravageur en provenance de l'Amérique du Sud, des voies de recherche furent proposées pour la mise au point de méthodes de régulation des populations du phytophage. Une attention particulière fut portée sur la lutte biologique par acclimatation, en Afrique, d'auxiliaires entomophages en provenance du Nouveau Monde (BENNET & GREATHEAD, 1978 ; LEUSCHNER, 1978). Les projets qui se sont alors développés, sous l'impulsion d'organisations internationales, (CRDI Canada, CIBS Trinidad, CIAT Colombie, IITA Nigeria, FAO) ont conduit à la découverte de parasitoïdes et de prédateurs et à leur introduction dans quelques pays d'Afrique (HERREN & LEMA, 1984). Aujourd'hui on peut dire que si l'acclimatation de certains de ces auxiliaires est chose faite (pour *Epidinocarsis lopezi* (DE SANTIS) Hym. Encyrtidae par exemple), leur efficacité n'est pas encore démontrée (NENON, FABRES & BIASSANGAMA, 1985). Face à l'énorme pouvoir de multiplication de la cochenille (FABRES & BOUS-SIENGUE, 1981 ; IHEAGWAM, 1981) et à la rapidité des mécanismes de pullulation qui se développent sur 2 ou 3 générations (FABRES, 1982), on peut penser que l'acclimatation d'une espèce particulièrement performante ne suffira pas et qu'il faudra plutôt envisager de reconstituer un complexe entomophage et de recourir à d'autres méthodes complémentaires.

Concentrer ses efforts sur la seule utilisation d'auxiliaires exotiques, c'est postuler que la régulation naturelle des populations de la cochenille en Amérique du Sud est à mettre essentiellement à l'actif des entomophages. Pourtant aucune étude n'a été conduite dans les pays d'origine du ravageur pour vérifier cette hypothèse de travail. On peut penser, au contraire, en évoquant les longs processus coévolutifs qui ont dû se développer entre le manioc et la cochenille (qui semble lui être strictement inféodée) dans leurs communes contrées d'origine, à l'existence de mécanismes de défense de la plante, susceptible de limiter l'abondance de *P. manihoti*. La connaissance de ces mécanismes de type "relations plante-insecte" et qui sont habituellement regroupés sous le vocable de "résistance variétale", permettrait d'envisager la mise au point d'une grande variété de méthodes de régulation (PATHAK, 1975). C'est dans ce cadre, et selon une approche globale qui intègre, sans les connaître, les mécanismes de la résistance, que des programmes de sélection variétale sont actuellement en cours. Ces opérations sont de longue haleine et nécessitent une infrastructure agromomique lourde. Elles sont donc centralisées et destinées

à produire un nombre limité de variétés qui seront diffusées dans tous les pays intéressés. Les réserves à ce type de démarche sont classiques : la sélection se fait dans les conditions écologiques de la station agronomique et ne peut prendre en compte l'extrême diversité des agrosystèmes de l'Afrique intertropicale dans lesquelles les variétés devront faire leurs preuves ; quant il s'agit de cultures vivrières traditionnelles, il y a risque de rejet, par le paysan, de variétés qu'il intégrera difficilement dans son contexte culturel.

C'est pour proposer une alternative à ces voies de recherche que nous avons entrepris, au Congo, sur des variétés de manioc actuellement cultivées, et dans les conditions écologiques locales, la mise en évidence et l'analyse des relations qui se sont établies entre la plante et son nouveau consommateur. Le terme de résistance variétale regroupe des mécanismes aussi divers que la "non-préférence", la "tolérance" et l'"antibiose" (PAINTER, 1951). C'est ce dernier aspect qui a retenu notre attention et, tout particulièrement, les mécanismes biochimiques de l'antibiose qui peuvent réduire le potentiel biotique de la cochenille par le biais de déséquilibres ou de déficiences nutritionnelles. L'entreprise est bien sûr considérable et cette note n'est destinée qu'à la présentation de résultats préliminaires au développement d'une recherche plus systématique.

MATERIEL ET METHODES

Nous avons fait appel à deux méthodes différentes : une méthode descriptive pour l'étude des variations d'abondance de la cochenille et de la structure de ses populations et une méthode expérimentale pour l'étude de la capacité intrinsèque d'accroissement de *P. manihoti*.

Profil d'abondance et structure des populations

Nous avons travaillé dans des champs paysan (superficie moyenne de 2500m²) de la région de Kombé, proche de Brazzaville, dans lesquels la variété "m'pembé" est dominante. Au cours des années 1981 et 82, l'échantillonnage a porté sur 4 champs de 8 mois et 4 champs de 20 mois (à la date du début de la saison sèche, (juin). Ces champs sont contigus deux à deux (champs de l'année et champs de l'année précédente) et sont désignés dans les tableaux et graphiques par "champs de 1 an et de 2 ans". Chaque semaine, des apex et des feuilles sont prélevés dans chaque champs selon un protocole de repérage des pieds déjà décrit en détail (FABRES, 1982). Pour chaque catégorie de champs, 30 apex et 90 feuilles sont ramenés au laboratoire pour un dénombrement de toutes les cochenilles. Les feuilles sont regroupées en "feuilles jeunes" (3 premières feuilles épanouies à partir du sommet) et en "feuilles vieilles" (3 dernières à la base de la tige). Elles sont été également repérées en fonction de leur rang

sur la tige à partir du sommet (rang 1 à 6). Sur apex et sur tiges, tous les stades de développement de la cochenille sont dénombrés : L1, L2, L3, jeunes femelles et femelles avec ovisac. Les données de ces comptages permettent la représentation graphique des variations d'abondance de la cochenille en fonction du temps sur les différents organes de la plante. Elles permettent également d'étudier la structure de la population dans les différentes situations (en particulier le rapport entre le nombre de jeunes stades de développement et le nombre de femelles mûres à l'instant t).

Capacité intrinsèque d'accroissement

La cochenille est élevée au Laboratoire sur des plants de la variété "m'pembé", en pleine terre ou en pots, dans les conditions thermohygrométriques de la saison sèche de 1982. L'étude dont nous donnons ici les résultats, a porté sur la comparaison entre feuilles "jeunes" ou "vieilles" et entre plants soumis ou non à un stress hydrique. Le protocole expérimental est le suivant : des larves néonates sont placées à la face supérieures des feuilles choisies pour l'étude. Elles gagnent rapidement la surface inférieure où elles se fixent. Pour éviter une surexploitation de la feuille, seul un petit nombre de larves y est maintenu avec une répartition uniforme sur toute la surface. Un total de 250 larves est habituellement conservé sur 12 à 15 feuilles de chaque catégorie. Dès que les femelles commencent à pondre, la fécondité de 60 à 80 individus, ayant commencé à pondre le même jour, est minutieusement suivie à raison d'un comptage des oeufs tous les deux jours. Les données recueillies permettent d'établir des tables de vie et de fécondité et de calculer les paramètres du développement suivants : R_0 = taux net de reproduction = somme de $l_x m_x$ (avec l_x = probabilité pour une femelle d'être en vie à l'âge x et m_x = nombre d'oeufs pondus entre l'âge $x-1$ et l'âge x) ; T_c = âge des femelles à 50 pour cent de R_0 , (déterminé graphiquement) ; r_m = capacité d'accroissement de la population = $\log R_0 / T_c$ selon LAUGHLIN, 1965. Ce taux permet d'intégrer les différentes composantes du développement de la cochenille et sert à la comparaison du pouvoir d'expansion du ravageur dans les différentes situations expérimentales.

RESULTATS

Niveau d'abondance de la cochenille

Il a été suivi en 1981 et 82 sur des champs d'âge différent et en 1982 sur des feuilles de niveaux différents, portées par des plants de 2 ans.

Champs d'âge différent. Les profils d'abondance font l'objet de la figure 1. En 1982 on se trouve en présence d'une situation tout à fait classique, déjà observée en 1979 et 80 (FABRES, non publié) et confirmée par LE RU (1984) et

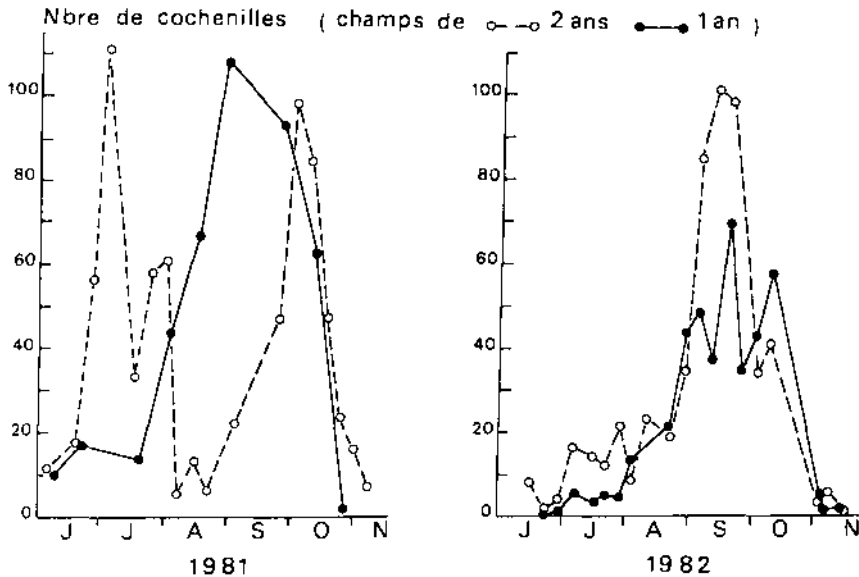


Figure 1 Variations chronologiques comparées de l'abondance de *P. manihoti* dans des champs de manioc âgés de 1 an et de 2 ans au cours des années 1981 et 82 (nombre moyen de cochenilles de tous stades par apex, comptage sur 30 apex).

BIASSANGAMA (1984) : tout au long de la saison sèche, et particulièrement au maximum de la pullulation, la densité des cochenilles est nettement plus importante sur les plants de 2 ans (qui ont déjà subi une première attaque de la cochenille) que sur les plants de l'année.

En 1981, nous avons pu observer et suivre un phénomène qui met en évidence une disparité, plus grande encore, entre les deux catégories de plants : du fait de conditions climatiques originales (précocité de la saison sèche), la pullulation du ravageur a débuté très tôt et de très fortes densités ont été atteintes dès le mois de juillet (120 cochenilles par apex, fig. 1). La surexploitation du végétal a ensuite provoqué un effondrement de la population en août (5 à 10 cochenilles par apex). Une nouvelle gradation est observée en septembre sur apex début octobre). Cette courbe de type bimodal n'est obtenue que sur les plants de 2 ans alors que sur les manioc de l'année, le profil d'abondance est de type classique.

De l'observation de ces phénomènes nous pouvons tirer des enseignements de deux ordres : dans le domaine des façons culturales on peut recommander la récolte des tuber-

cules avant l'arrivée de la saison sèche, pour les plantations de deux ans, avec arrachage des plants, particulièrement les années où la saison sécheresse est précoce. Ceci éviterait la coexistence entre des champs vieux très infestés et des champs jeunes encore indemnes. Dans le domaine, qui nous préoccupe, des relations entre la plante et le phytophage, il serait intéressant de connaître les mécanismes à l'origine de cette différence de "sensibilité" entre plants d'âge différent et qui sont certainement de nature trophique en relation avec l'état physiologique du végétal.

Feuilles d'âge différent. De manière générale, les feuilles jeunes sont plus abondamment colonisées que les feuilles âgées. Cette observation, précédemment notée par BOUSSIENGUE (1984) a été quantifiée en 1982 et les données obtenues reportées graphiquement fig. 2. C'est au moment où la densité de la cochenille est maximale (septembre) que la différence est la plus grande avec une moyenne de 15 à 17 cochenilles de tous stades par feuille jeune contre 25, au sommet de la gradation, pour les feuilles âgées.

Cette observation peut être précisée par l'étude de la relation entre le rang de la feuille sur un même plant et l'abondance de *P. manihoti* (Fig. 3). On met ainsi en évidence une étroite relation inverse, tout au long de la saison sèche, entre l'âge de la feuille et la densité de la cochenille.

Cette situation a été analysée expérimentalement et les résultats seront présentés plus loin.

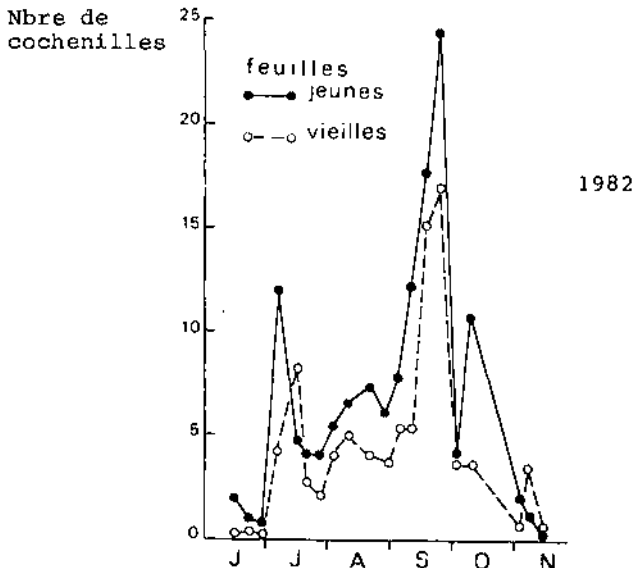


Figure 2 Variations chronologiques comparées de l'abondance de *P. manihoti* sur feuilles de manioc jeunes et vieilles au cours de l'année 1982 (nombre moyen de cochenilles de tous stades par feuille, comptage sur 90 feuilles de chaque catégorie d'âge).

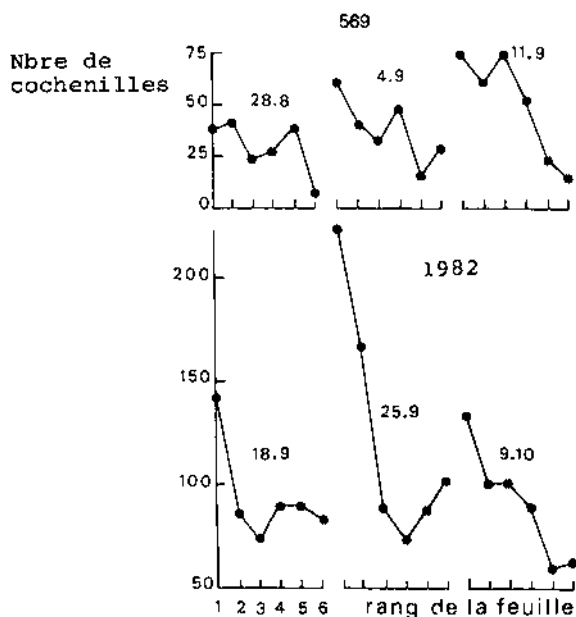


Figure 3 Abondance de la cochenille en fonction du rang de la feuille sur le pied de manioc, de la plus jeune (rang 1) à la plus âgée (rang 6). Nombre moyen de cochenilles de tous stades par feuille, comptage sur 15 feuilles par catégorie de rang.

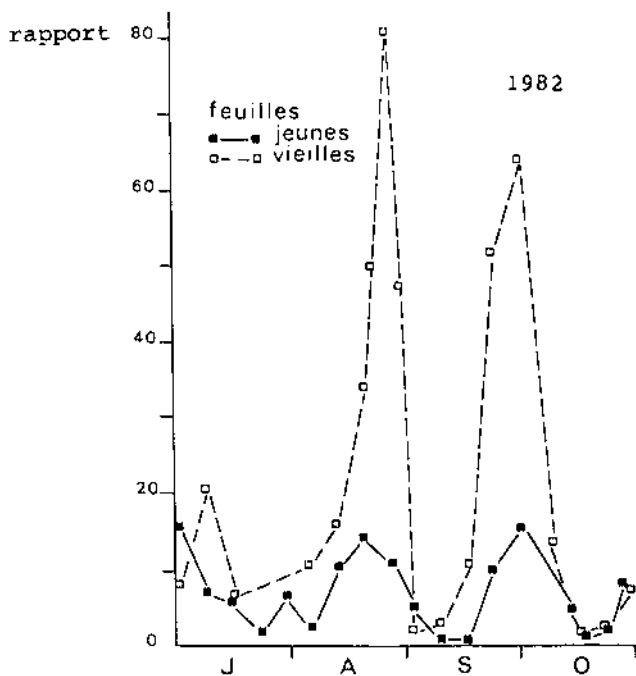


Figure 4 Variations chronologiques comparées du rapport nombre de larves sur nombre de femelles, sur feuilles jeunes et vieilles, au cours de l'année 1982. Comptage sur 90 feuilles de chaque catégorie d'âge.

Structure de la population

Une première analyse des phénomènes évoqués ci-dessus peut être faite en utilisant les données des dénombrements sur le terrain car celles-ci font apparaître les proportions des différents stades de développement au sein des colonies du ravageur. Ainsi, l'étude du rapport entre le nombre des jeunes stades et le nombre des femelles mûres, à un moment donné, et dans les différentes situations envisagées plus haut, peut nous apporter des informations sur le type d'influence exercée par le végétal sur l'insecte. On peut envisager, par exemple, une mortalité non sélective ou une stimulation de la fécondité, mécanismes qui se traduiraient différemment sur la composition des populations.

Le tableau 1 nous montre que le rapport du nombre des L1 au nombre des femelles avec ovisac est systématiquement plus élevé sur les apex de 2 ans. De la même façon, l'étude du rapport jeunes stades / femelles mûres sur feuilles, montre que la structure des colonies est différente selon l'âge de la feuille (Fig. 4).

L'interprétation de ces résultats écarte donc l'intervention d'une mortalité non sélective et peut être formulée de la façon suivante :

Sur apex âgés, les fortes densités correspondent à la présence de colonies qui ont une structure d'âge plus jeune, ce qui conduit à l'hypothèse d'une relation entre les qualités trophiques de l'apex et le potentiel reproducteur de la cochenille.

Sur feuilles, le mécanisme paraît plus complexe car les fortes densités ne coïncident pas avec les fortes proportions de jeunes stades au sein des colonies. L'hypothèse suivante, qui s'inspire des observations de BOUSSIENGUE (1984), peut être avancée : il existe un flux migratoire, facilement observable, entre les vieilles feuilles et les jeunes feuilles de l'extrémité du plant. Ainsi, à partir des colonies à fort pouvoir multiplicateur (sur feuilles âgées) se développerait une migration des néonates qui iraient coloniser les feuilles jeunes, en y provoquant une augmentation de la densité du ravageur. Nous retrouvons donc, au niveau des feuilles cette fois, la relation entre âge de l'organe végétal, vitalité des colonies et abondance de *P. manihoti*.

Capacité intrinsèque d'accroissement

L'expérimentation que nous avons conduite a pour but de préciser les modalités de l'influence de l'organe végétal et de son état physiologique sur les mécanismes biologiques de la croissance d'une population de *P. manihoti* et de vérifier les hypothèses développées précédemment. En continuité logique avec l'approche ci-dessus, nous avons expérimenté sur feuilles jeunes et vieilles mais nous avons

TABLEAU 1 : Rapport du nombre de larves L1 au nombre de femelles avec ovisac
sur apex de manioc âgés de 1 an et de 2 ans.
Comparaison des valeurs obtenues au cours de la saison sèche de 1981.

Dates 1981	9.6	27.6	20.7	4.8	27.8	9.9	28.9	12.10
Champs de 2 ans	2,5	1,2	6,7	8,2	19,5	2,1	0,6	2,3
Champs de 1 an	2,5	0,8	3,7	2,1	5,9	3,2	1,1	2,3

également étudié l'influence de l'état physiologique de plants soumis à un stress hydrique sur les paramètres du développement du phytophage.

Sur feuilles jeunes et vieilles, sur le tableau II, qui regroupe les résultats obtenus, la capacité d'accroissement de la population est plus grande sur les feuilles âgées. Ceci est dû principalement à l'augmentation très sensible de la fécondité moyenne (374 oeufs par femelle sur VF contre 298 sur JF) et du taux net de reproduction (359 contre 283) alors que les autres paramètres du développement ne diffèrent pas significativement. Ce résultat expérimental confirme les observations des dénombrements dans la nature ainsi que les hypothèses développées pour les expliquer.

En condition de stress hydrique. Pour cette expérimentation nous avons utilisé des plants de manioc en pot dont l'arrosage est tel que les teneurs en eau du substrat sont maintenues à des valeurs proches de celles mesurées sur le terrain, à la fin de la saison des pluies et en pleine saison sèche (tableau III). Des teneurs en eau inférieures à 8 pour cent et qui provoquent le flétrissement des plants en pot n'ont pas été retenues. On observe une influence très nette des faibles teneurs en eau sur l'augmentation de la capacité d'accroissement. De la même façon que précédemment, ceci est essentiellement dû à l'augmentation de la fécondité moyenne et du taux net de reproduction (535 oeufs par femelle contre 383 avec un Ro de 514 contre 375). Ceci s'accompagne d'une mortalité plus importante en situation de stress hydrique mais celle-ci est difficile à interpréter dans les conditions de l'expérimentation. Ces observations rejoignent les travaux de THIEM (1938) et de FLANDERS (1970), pour les cochenilles, et de REMAUDIERE et al, pour les pucerons, qui ont montré une sensibilité accrue du végétal hôte aux attaques des homoptères à la suite d'un affaiblissement végétatif ou d'un stress hydrique, sans pour autant en démontrer le mécanisme intime.

PERSPECTIVES

Parallèlement à l'étude de la capacité d'accroissement des populations de *P. manihoti* dans les diverses situations où les rapports plante-phytophages peuvent différer (organes végétaux différents, âge différent d'un même organe, différents états physiologiques du plant), nous avons entrepris de caractériser le milieu nutritif pour tenter de mettre en relation la composition de la sève et les paramètres du développement de la cochenille.

Ce type de démarche est sous-tendu par les nombreux travaux qui ont montré une relation étroite entre l'abondance des insectes phytophages et les proportions relatives des différents éléments constitutifs de la sève (éléments minéraux, carbone et azote totaux, acides aminés, sucres

TABLEAU 2 : Influence de l'âge des feuilles (vieilles feuilles VF et jeunes feuilles JF) sur le pouvoir de multiplication de *P. manihoti* dans les conditions naturelles : température moyenne 25,2°C (19-29), hygrométrie relative moyenne 78 % (57-99).

Type de feuilles	VF	JF
Nombre de larves étudiées	221	207
Durée du développement larvaire en jours	34,6 ±1,2	35,4 ±1,8
Mortalité larvaire en %	4	5
Nombre de femelles étudiées	70	75
Fécondité moyenne F = lx	374 ±39,6	298 ±43,3
Taux net de reproduction Ro = lx mx	359	283
Durée d'une génération Tc en jours	32,6	33,2
Capacité intrinsèque d'accroissement r_c	0,18	0,17

TABLEAU 3 : Influence de la teneur en eau du sol sur le pouvoir de multiplication de *P. manihoti* dans les conditions naturelles : température moyenne 24,7°C (18-31), hygrométrie relative moyenne 80 % (61-98)

Teneur du sol en eau en %	11 $\pm$ 0,2	8,4 $\pm$ 0,2
Nombre de larves étudiées	253	221
Durée du développement larvaire en jours	36 $\pm$ 2	34,1 $\pm$ 1,8
Mortalité larvaire en %	2	4
Nombre de femelles étudiées	70	74
Fécondité moyenne F $\times$ lx	383 $\pm$ 41,7	535 $\pm$ 36,4
Taux net de reproduction Ro = lx mx	375	514
Durée d'une génération Tc en jours	37,5	35,6
Capacité intrinsèque d'accroissement r_c	0,158	0,175

réducteurs solubles etc...) citons MITTLER & DADD (1964), AUCLAIR (1965), CARTIER (1968). Ces travaux conduisent à penser qu'il existe, pour chaque espèce, un régime alimentaire optimum caractérisé par les minéraux.

Notre démarche prend également en compte les travaux qui ont démontré le rôle des substances cyanogènes sur la dynamique des populations de phytophages du manioc (acaréens) YEN et al. (1982). En effet, O'JONES (1959) a mis en évidence un taux plus élevé d'hétérosides cyanogénétiques lorsque les conditions du milieu sont défavorables à la croissance du manioc, c'est à dire au moment où la capacité d'accroissement de *P. manihoti* est plus grande.

Enfin, notre recherche est motivée par la certitude que des pratiques culturales appropriées sont susceptibles d'influer sur la composition de la sève et par conséquent sur l'abondance du ravageur comme l'a montré CHABOUSSOU (1974), à la suite de STEYN (1951) sur des cochenilles des *citrus*.

Les résultats que nous avons obtenus jusqu'ici concernent la composition de la sève en carbone et azote totaux ainsi qu'en éléments minéraux principaux. Ils sont très encourageants pour la poursuite de l'objectif que nous sommes défini, mais encore trop parcellaires pour être exposés dès à présent.

TRAVAUX CITES

- AUCLAIR J.L., 1965.- Feeding and nutrition of Pea Aphid : *Acyrtosiphon pisum* (Hom. Aphididae) on chemically defined diets of various pH and nutrient levels. Ann. Entomol. Soc. Amer. 58, (6), 855-875.
- BENNETT F.D. & GREATHEAD D.J., 1978.- Biological control of mealybug *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero : Prospects and necessity. In Proc. Cassava Protection Workshop, CIAT, Colombie, 181-194.
- BIASSANGAMA A., 1984.- Etude du parasitisme des cochenilles *Pseudococcidae* par les hyménoptères *Encyrtidae*. Thèse, Rennes, France. 190 p.
- BOUSSIENGUE J., 1984.- Bioécologie de la cochenille du manioc et de ses ennemis naturels au Gabon. Thèse, Paris VI, France, 154 p.
- CARTIER J.J., 1968.- Factors of host plant specificity and artificial diets. Bull. Entomol. Soc. Amer. 14, 18-21.

"It seems that progress towards the current goal of maintaining or increasing agricultural productivity... might benefit from a study of the naturally evolved defenses of plants. It mayht also be possible to make agricultural use of some aspects of the quantitative defenses found in plant communities of naturally low diversity". P. FEENEY, 1975

- CHABOUSSOU F., 1974.- Le conditionnement physiologique des citrus comme moyen de lutte vis à vis des ravageurs des agrumes. *Fruits*, 29, (1), 23-33.
- FABRES G., 1982.- Bioécologie de la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti* Hom. *Pseudococcidae*) en RP du Congo. II variations d'abondance et facteurs de régulation. *Agron. Trop.*, 36, (4), 369-377.
- FABRES G. & BOUSSIENGUE J., 1981.- Bioécologie de la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti* Hom. *Pseudococcidae*) en RP du Congo. I Cycle évolutif et paramètres biologiques. *Agron. Trop.* 36, (1), 82-89.
- FEENY P., 1976.- Plant apparency and chemical defense. In *Biochemical interaction between plants and insects. Recent advances in phytochemistry*, vol. 10, Plenum Press, London, 1-40.
- FLANDERS S.E., 1970.- Observations on host plant induced behavior of scale insects and their endoparasites. *Canad. Entomol.*, 102, (8), 1913-1920.
- HAHN S.K. & WILLIAMS R.J., 1973.- Investigations on cassava in the republic of Zaire. Report to Commissaire d'Etat à l'Agriculture, IITA, Ibadan, 12 p.
- HERREN H.R. & LEMA K.M., 1984.- The cassava mealybug problem: background, recent progress and outlook for biological control. 6th. Symp. of the Int. Soc. for Trop. Root Crops (Abstr.) Lima, Perou.
- IHEAGWAM E.U., 1981.- The influence of temperature on increase rate of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Hom. *Pseudococcidae*) *Rev. Zool. Afr.*, 95, (4), 959-967.
- LAUGHLIN R., 1965.- Capacity for increase : a useful population statistic. *J. Anim. Ecol.*, 34, 77-91.
- LE RU B., 1984.- Contribution à l'étude de l'écologie de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. *Pseudococcidae*) en RP du Congo. Thèse, Paris Sud, France, 118 p.
- LEUSCHNER K., 1978.- Preliminary observations on the mealybug in Zaire and a projected outline for subsequent work. Proc. of the Int. Workshop on the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* Mat. Ferr., Mvuazi, Zaire, 15-19.
- MITTLER T.E. & DADD R.H., 1964.- Gustatory discrimination between liquids by the aphid *Myzus persicae* (Sulzer). *Ent. Exp. Appl.* 315-328.

- NENON J.P., FABRES G., BIASSANGAMA A., 1985.- *Epidinocarsis lapezi* (Hym. Encyrtidae) parasitoïde introduit au Congo pour la régulation des populations de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. Pseudococcidae). 7th. Symp. of the Int. Soc. for Trop. Root Crops (Abstr.), Pointe-à-Pitre, Guadeloupe.
- NWANZE K.F., 1982.- Relationships between cassava root yields and crop infestations by the mealybug *Phenacoccus manihoti*. Trop. Pest Manag., 28, (1), 27-32.
- O'JONES W., 1959.- Manioc in Africa. Stanford Univ. Press, Stanford, USA.
- PAINTER R.H., 1951.- Insect resistance in crop plants. Mc Millan Comp. Ed., New-York.
- PATHAK M.D., 1975.- Utilisation of insect plant interactions in pest control. In insect Science & Society. Mc. Millan Comp. Ed., New-York.
- REMAUDIERE G., DEDRYVER C.A., LATGE J.P., LECLANT F., PAPIEROK B. & ROBERT Y., 1976.- Réflexions sur les récentes pullulations de pucerons sur les épis de céréales en France. La défense des végétaux, 178, 76-83.
- SILVESTRE P., 1973.- Aspects agronomiques de la production du manioc à la ferme d'Etat de Mantsumba. Rapport de mission, IRAT, Paris, 35 p.
- STEYN J.J., 1951.- The effect of low calcium, phosphorum or nitrogen on the life cycle of red scale (*Aonidiella aurantii*). J. Ent. Soc. S. Afr., 14, 165-170.
- THIEM H., 1938.- Condition of the gradation of insects. Arb. Phys.u. ang., Ent. Berlin Dahlem, 3, 229-255.
- YEN I.C., ALI F., YASEEN M., 1982.- Investigations on *Mononychia lus tanajoa* (Bondar) and the cyanogenic glucosides of cassava *Manihot esculenta* (Crantz). CIBC, Curepe, Trinidad.

BIOCONTROL OF CASSAVA (MANIHOT ESCULENTA)

ROOT ROTS BY FLUORESCENT PSEUDOMONAS

(Control biologique des pourritures racinaires du manioc
(*manihot esculenta* Crantz) par des *pseudomonas* fluorescents)

J.M. HERNANDEZ, R. LABERRY and J.C. LOZANO

CIAT's Cassava Program
Apdo Aéro 6713
Cali, COLOMBIA

SUMMARY

Forty isolates of fluorescent *Pseudomonas* were isolated from the plants growing in 5 different ecosystems. Thirty-four of these isolates inhibited *Erwinia carotovora* pv. *carotovora*, in vitro, the causal agent of cassava stem rot. One month old plantlets, produced by rooting the shoots of a cultivar in distilled water, were inoculated with suspensions (1×10^9 cells/ml) of each *Pseudomonas*. Some isolates were able to increase root weight up to 96 per cent over uninoculated controls three months after planting when the inoculation was at planting, 15 and 30 days. Inoculated plants were free from symptoms of root pathogens and roots swelled earlier than controls. Microbial deterioration of bulked swollen roots was also reduced up to 60 per cent when roots were dip treated in a bacterial suspension (1×10^9 cells/ml) of the above isolates and stored for 15 days in polyethylene bags. Taxonomic studies showed that these bacterial isolates were either *Pseudomonas putida* (90 per cent) or *P. fluorescens* (10 per cent).

RESUME

Quarante isolats de *Pseudomonas* fluorescents ont été isolés à partir de la rhizosphère de plantes provenant de cinq écosystèmes différents. Trente quatre de ces isolats inhibent *in vitro* *Erwinia carotovora* pv. *Carotovora*, agent causal de la pourriture de la tige de manioc. Des jeunes plantes âgées de 1 mois, produites par enracinement des pousses d'un cultivar dans de l'eau distillée, sont inoculées avec des suspensions (1×10^9 cellules/ml) de chaque *Pseudomonas*. Quelques isolats sont capables d'augmenter le poids racinaire jusqu'à 96 pour cent par rapport aux plantes témoins non inoculées. Ces résultats sont obtenus 3 mois après la plantation, lorsque l'inoculation a été réalisée au moment

de la plantation, 15 et 30 jours après. Les plantes inoculées sont indemnes de symptômes provoqués par les parasites racinaires et le renflement des racines se produit avant les témoins. La détérioration microbienne de la masse racinaire est également réduite jusqu'à 60 pour cent lorsque les racines sont traitées par trempage dans une suspension bactérienne (1.10 cellules/ml) des isolats précédemment cités puis placés dans des sacs de polyéthylène pendant 15 jours. Les études taxonomiques montrent que ces isolats bactériens sont soit *Pseudomonas putida* (90 pour cent) soit *P. fluorescens* 510 pour cent).

Roots rots are the most common and important production constraints among the pathological problems of cassava (3). They are caused by several species of fungi and bacteria (13), which are specific to the edapho-climatic characteristics of each ecosystem (14).

Some cassava root pathogens have been controlled successfully by applying certain cultural practices, which in many cases are specific to one or more causal agents (15, 18). Their control has also been attempted through varietal resistance ; but due to the complex nature of these problems, selected clones have not performed universally well in all ecosystems (7). Resistance appears to be quite specific to each causal agent ; but as the problem are caused by more than one pathogen, the incorporation of such multiple resistance may be require a long time.

Several beneficial microorganisms have been reported to control root rots on crop species (1,9,19,20). The group of fluorescent *pseudomonas* appears to be the most promising (4,5) because of their nutritional versatility, ability to grow under a wide range of environmental conditions, and ability to colonize successfully the rhizosphere of many plant species (11). This paper reports the effectiveness of strains of *Pseudomonas putida* and *P. fluorescens* in controlling root rots of cassava.

MATERIALS AND METHODS

Strains of fluorescent *pseudomonas* were isolated from six cassava-growing areas of Colombia (CIAT, Palmira, Garimagua, Mondomo, Quilcace, Caicedonia and Popayan) with distinct edapho-climatic characteristics (Table 1). Samples of active rootlets from 5- to 9- month-old cassava plants were collected from different native clones in each location. Five grams of rootlet segments were washed in tap water and then in distilled water ($d-h_2O$) for 15 min. Root segments were placed in petri dishes with King B (KB) medium (10) for 24 h at 27°C. Bacterial isolates showing fluorescence on KB under ultraviolet light were purified from single isolated colonies after serial dilution seeding on KB medium.

TABLE 1 : Climatological characteristics at sites
where fluorescent pseudomonads were collected

Site	Altitude (Mosl)	Mean Temperature (C)	Rainfall 2 (mm)
CIAT (IV) 1	1,000	27.8	960
Quilcace (IV)	900	27.2	1.090
Carimagua (II)	200	26.2	2.560
Caicedonia (IV)	1,350	22.3	1.860
Popayan (V)	1.800	18.0	3.460
Mondomo (V)	1.580	20.0	3.120

1 CIAT identification zone (2,3)

2 Total rainfall during the actual growing cycle.

Pure isolates were tested for their inhibition of *Erwinia carotovora* pv. *carotovora* (Ecc), which causes cassava bacterial stem rot (12). Ecc suspension (1 ml of a 9×10^8 cells/ml) was seeded on nutrient agar (NA) medium in Petri dishes. Sterile paper filter discs (5 mm in diameter) were then soaked in a suspension (1×10^9 cells/ml) of each isolated *pseudomonas* strain, settled on the inoculated petri dish and incubated for 24 h at 28°C. The inhibition ability/strain to Ecc was rated according to the diameter of the halo showing on the medium as negative (-), slight (+ = up to 5 mm), moderate (++ = from 5 to 10 mm), and strong (+++ = more than 10 mm). A similar system was used to evaluate the inhibitory effect of fluorescent *pseudomonas* on strains of the following bacterial species: *Xanthomonas campestris* pv. *cassavae*, *X. campestris* pv. *manihotis* and *P. solanacearum*. Inhibition of the following cassava fungal pathogens was also tested: *Fusarium oxysporium*, *F. solani*, *Diplodia manihotis*, *Phytophthora drechsleri* and *Pythium* sp. In the case of fungal species, isolates were grown on potato-dextrose-agar (PDA) for 8 days at 27°C. Five-mm-diameter discs of mycelia were placed in the center of a petri dish and surrounded with discs similar to those used to evaluate inhibition of bacterial pathogens. At least 6 discs inoculated with each bacterial strain were used to rate the inhibitory effect on each fungal isolate.

Strains showing inhibitory effect on Ecc were used to inoculate 10-cm high cassava (hybrid CM 523-7) plantlets obtained by the shoot rooting system (6). Ten plantlets per strain were inoculated by dipping their roots for 15 min in a 24-h-old bacterial suspension (1×10^9 cells/ml). Inoculated plants were then planted in plastic pots containing sandy soil; placed in a greenhouse at 24°C ($\pm 9^\circ\text{C}$), 70 per cent RH and 15,000 lux/12-h daily photoperiod; and watered daily with tap water. They were harvested 2 months after inoculation and top and root growth compared.

Strain F-44, which showed the best Ecc inhibition and satisfactory root promotion on hybrid CM 523-7, was used to inoculate cuttings and plantlets of the same hybrid planted in non sterile sandy soil in plastic pots, (7.5 cm diameter x 9 cm high). The cuttings and plantlets (only the root system) were inoculated by dipping them for 15 min in a suspension of 1×10^9 cells/ml of the fluorescent *pseudomonas* strain. Pots were maintained under the greenhouse conditions described above.

Strain F-44 was also used to inoculate 20-cm cuttings of the hybrid CM 523-7 with bacterial suspensions at dilutions of 1×10^7 , 2.8×10^8 , 8.2×10^9 , 1.1×10^9 and 8.3×10^9 cells/ml. Cuttings were dipped into each bacterial suspension for 15 minutes before planting and maintained as previously described.

Cuttings of CM 523-7 were also inoculated at planting (dip and soil inoculation) and 15 and 30 days afterward with bacterial suspensions of 1×10^9 cells/ml of strain

F-44. Dip inoculations was as described above, and soil inoculations at 15 and 30 days of planting were by pouring 20 cm of the suspension around the cutting base. Plants were grown in soil in pots as previously described and maintained in the greenhouse as above.

Taxonomic studies of the isolated strains were carried out including the following tests : cultural growth on KB, PDA and NA media ; morphological observations through an electron microscope (JEOL 100 SX) of 24-h-old cells washed in bidistilled water and stained with phosphotungstic acid 2 per cent, pH 7.0 (2) ; and physiological and biochemical tests related to this group of bacterial species following common bacteriological procedures (2).

All controls used in this study were treated with sterile distilled water following procedures described for each treatment or test.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 136 isolates of fluorescent *pseudomonas* were isolated, 46 (34 per cent) of which were able to inhibit Ecc in vitro. A high percentage (73 per cent) of isolates from Caicedonia inhibited Ecc (Table 2), which is endemic but rarely severe in cassava plantings there. Thus inhibitory fluorescent *pseudomonas* may an important role in preventing Ecc outbreaks. The inhibitory effect of fluorescent *pseudomonas* was also shown against several bacterial and fungal pathogens of cassava and other crop species (Table 3). This effect was quite specific to tested pathogens, but some biotypes induced inhibition to a wide range of pathogens, both bacterial and fungal. Their beneficial action in the rhizosphere should be related to the ability of inhibiting a large number of pathogens. These results are in accordance with WELLER (21) and HOWELL et al. (18), working with other strains known to inhibit fungal pathogens of other crops.

Four groups of strains of fluorescent *pseudomonas* were distinguished in relation to their effect on cassava clone CM 523-7, compared to d-h 0 control, three months after the bacterial inoculation under greenhouse conditions : (a) strains that reduced total plant weight (root and top plant weights) significantly (at 1 per cent levels) ; (b) strains with no significant influence on plant growth (although treated plants appeared more vigorous than controls) ; (c) strains that induced a significant (at 1 per cent levels) increase in the root weight of treated plants ; and (d) strains that increased both root and aerial plant weight significantly (at 5 per cent levels) (Fig. 1). Such results are in accordance with those of SUSLOW and SCHROTH (17) on sugar beets, as well as those of KLOPPER et al. (11) and BURR et al. (5) on potatoes. However, the collected strains

TABLE 2 : Source, number of isolates collected and number of isolates of fluorescent pseudomonads that inhibit *Erwinia carotovora* pv. *carotovora* (Ecc) in vitro.

<u>Number of Isolates Inhibiting</u>			
Source	N. of Isolates Collected	<i>E. carotovora</i> pv. <i>carotovora</i>	Collection N of Selected Isolates
CIAT	33	16	44 ^a
Popayan	18	7	72 ^a
Quilcacé	35	4	65 71 ^a
Carimagua	25	7	88
Caicedonia	13	9	84
Mondomo	12	3	

^a Isolates with strong inhibiting effect on Ecc and greater root growth on plants of the clone CM 523-7 when inoculated for 15 minutes in a bacterial suspension of 1×10^9 cells/ml.

TABLE 3 : In vitro inhibition induced to several bacterial and fungal pathogens by some fluorescent pseudomonad strains

Fluorescent Pseudomonad Strains	Bacterial and Fungal Pathogens*								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
C-4a	+++	+++	-	+	++	++	+++	++	+++
C-5b	+	+++	+	+	+	++	++	++	+++
C-6	+	+++	-	-	-	++	++	+	+++
R-1	++	++	-	-	+	+	+++	+++	++
C-4b	++	+++	-	-	+	+	++	+++	+++
C-88	++	+++	++	+	+	+++	+	+++	+
C-3b	++	++	-	-	+	+	+	+++	+++
C-7a	++	+++	+++	-	+	++	++	++	+
C-7d	+	+++	+++	-	++	++	++	+++	++
C-7c	+++	+++	+++	-	+++	+++	+++	+++	+++
C-5a	++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	+++
C-7b	+++	++	+++	-	+	++	+++	++	++
F-44	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	++	++
F-64	++	++	++	++	+	+++	+++	++	+++
F-61	++	++	++	-	-	++	++	++	+++
F-71	+	++	++	-	-	++	+++	++	++
F-56	++	++	+	++	++	++	++	+++	++
F-87	+	++	-	+++	++	++	++	++	++

* a = *Erwinia carotovora* pv. *carotovora* (CIAT 1144) ; b = *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* (CIAT 1111) ; c = *Diplodia manihotis* (MS 081) ; d = *Fusarium oxysporum* (MS 079) ; e = *Pythium* sp. (MS 080) ; f = *Xanthomonas campestris* pv. *cassavae* (CIAT 1148) ; g = *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* (CIAT 1186) ; h = *Pseudomonas solanacearum* (CIAT 1057) ; i = Brown blotch bacterial pathogen (CIAT 1187).

** Average of 5 replicates/pathogen. Inhibition effect : - = negative ; + = slight up to 5 mm ; ++ = moderate (from 5 to 10 mm) ; +++ = strong (more than 10 mm).

R-AEREA

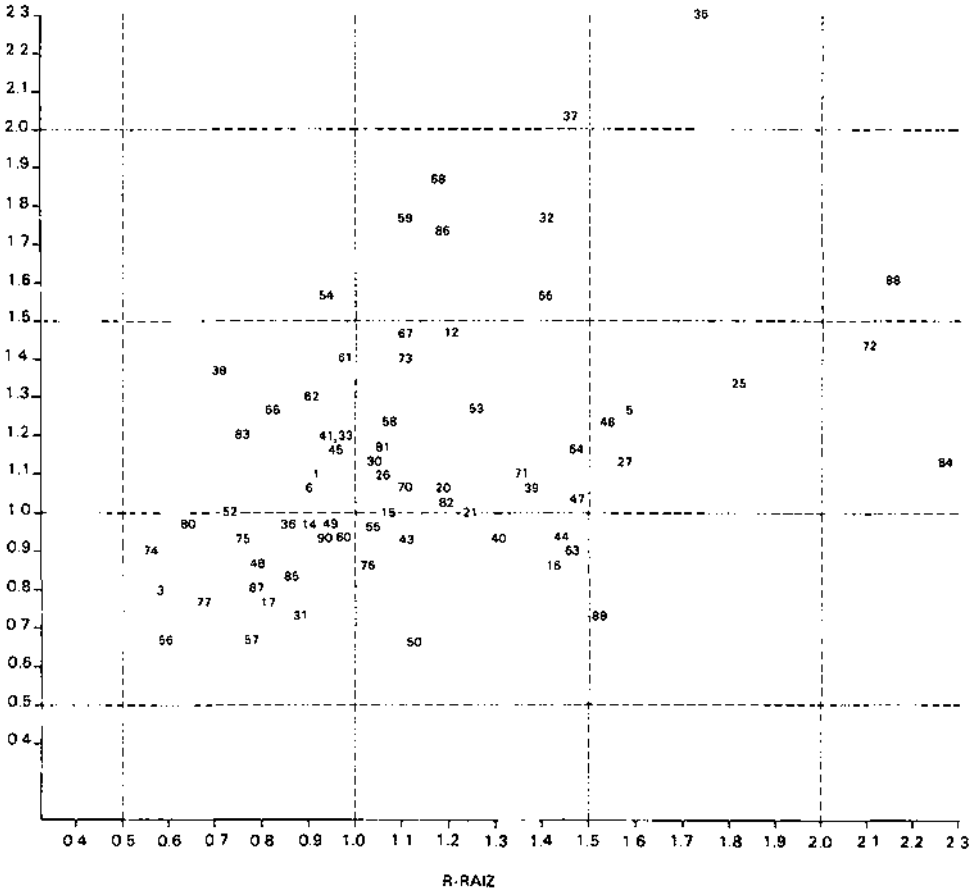


Fig. 1. Effect of fluorescent pseudomonads on cassava plantlets (Clone CM 523-7) two months after inoculation and in relation to controls (10).

of fluorescent *pseudomonas* did not significantly increase the top weight of inoculated plantlets. It appears that their effect is restricted to the root system.

Soil inoculation was highly successful. When soils were inoculated before planting, root weight increased considerably (Table 4). Root weight also increased when cuttings and plantlets were root-inoculated, but significant differences were not found. On the other hand, the weight of the aerial part of plants did not increase when the cuttings and soils were inoculated (Table 4). All inoculated plants showed a healthy and very-developed root system when compared with untreated controls. A high population of fluorescent pseudomonads was reisolated from inoculated plants, whereas on control roots, profuse pathogenic fungal growth was noted.

A significant (1 per cent level) increase in root weight was obtained, regardless of the concentrations of bacterial cells (Table 5). The ability of these bacterial isolates to colonize the substrate early may play an important role on final effects. On the other hand, 95 per cent of root weight increase was obtained when cuttings were inoculated before and after rooting (at 15 and 30 days after planting). Root weight also increased when cuttings and soils were inoculated before planting and when plants were inoculated at 15 or 30 days after planting (Table 6). Generally, these results indicate that for more beneficial effects, additional inoculations after planting might be required to obtain a significant increase in root weight. However, the success of inoculations may be a function of the complex environment of the rhizosphere.

Taxonomic studies showed that around 94 per cent of the isolates collected belonged to *P. putida* and the rest to *P. fluorescens*. Other studies (5,8,16,17,21) also report these bacterial species to be the most commonly found in the rhizosphere of other crops.

The above results suggest that there is a group of fluorescent pseudomonad strains that promote root development in cassava. It appears that there is no nutritional effect; if there is, it is very low. Some isolates inhibit detrimental rhizosphere microorganisms in vitro. Results thus far are very encouraging, and biological control for the root rots commonly found in any cassava plantation appears very promising.

TABLE 4. Weight of the roots and aerial part two months after inoculation of cuttings of clone CM 523-7 with isolate N.44 of *Pseudomonas putida*. Cuttings of the same size, weight and thickness were used for all treatments. A bacterial suspension of approximately 10^8 cells/ml was used.

Inoculation Systems	Root wt (g)* At 2 months	Wt (g) of aerial part At 2 months
Of cuttings**	5.84 b (8.2)****	8.73 ^a
Soil***	8.49 a (57.3)	9.20 ^a
Control	5.40 b	9.28 ^a

* Data represent an average of 20 plants/inoculation system.

** Inoculation of the cuttings was done by immersion of the cutting material.

*** Soil was inoculated by pouring 10ml of inoculum/plant 15 days after planting the cuttings.

**** Increase in the percentage with respect to the control. Figures followed by the same letter(s) do not differ significantly according to the Duncan Multiple Range Test.

TABLE 5. Weight of the root system of the aerial part of the plants of clone CM 523-7 inoculated with strain N.44 *Pseudomonas putida* at different concentrations.

Inoculum concentration* (N. cells/ml)	Root Wt. (g)	Wt. of Aerial Part (g)
1.0 x 10 ⁷	6.28 a** (46.4)***	12.20 a
2.8 x 10 ⁸	6.05 a (41.1)	10.65 a
8.2 x 10 ⁸	6.36 a (48.2)	11.90 a
1.1 x 10 ⁹	6.38 a (48.8)	12.59 a
8.3 x 10 ⁹	6.45 a (50.3)	11.62 a
Control	4.29 b	9.84 a

* Cuttings were inoculated before planting by immersion in the inoculum for 15 minutes.

** Figures followed by the same letter(s) are not significantly different at the 0.05 level of the Duncan Multiple Range Test. Data correspond to the average of 20 inoculated stakes/treatment.

*** Percentage increase with respect to the control.

TABLE 6. Weight of the roots, the aerial part and the total plant from clone CM 523-7 two months after inoculation with the isolate N. 44 *Pseudomonas putida* (1×10^9 cells/ml).

Treatments (inoculations)*	Root wt. (g)	Percentage Increase with Respect to the Control	Wt.of Aerial Part (g)
At planting and at 15 and 30 days	9.27 a**	94.7b	12.27a
At planting and at 15 days	7.06 ab	48.4 12.64 a	
At planting	6.14 b	28.9	12.58 a
Control	4.76 c		10.74 ab

* Inoculation was done by immersion of the stakes in the inoculum for 15 minutes before planting and pouring the inoculum over the soil around the stakes at different periods.

** The data correspond to averages of 10 plants/treatment. Figures followed by the same letter(s) are not significantly different according to the Duncan Multiple Range Test.

REFERENCES

- BAKER K.F. and COOK R.J., 1974.- Biological control of plant pathogens. W.H. Freeman. San Francisco, 433 p.
- BLAIR J.E., LENNETTE E.H. and TRUANT J.P., 1970.- Manual of clinical microbiology. American Society of Microbiology, Bethesda, Md., 727 pp.
- BOOTH R.H., 1978.- A review of root rot diseases in cassava. In Proceedings of the Cassava Protection workshop. T. Brekelbaum, A. BELLOTTI and J.C. LOZANO. CIAT, Cali, Colombia, 244 pp.
- BROWN M.E., 1974.- Seed and root bacterization. Ann. Rev. Phytopathol. 12:181-198.
- BURR T.J., SCHROTH M.N. and SUSLOW T., 1978. Increased potato yields by treatment of seed with specific strains of *Pseudomonas fluorescent* and *P. putida*. Phytopathol. 68 : 1377-1383.
- COCK J.H., WHOLEY D. and LOZANO J.C., 1976.- A rapid propagation system for cassava. CIAT, Cali, Col., Series EE-20, 11 pp.
- CURL E., 1982.- The rhizosphere : Relation to pathogen behavior and root disease. Plant Disease 66:624-630.
- HOWELL C.R. and STIPANOVIC R.D., 1979- Control of *Rhizoctonia solani* on cotton seedlings with *Pseudomonas fluorescens* and with an antibiotic produced by the bacterium. Phytopathol. 69:480-482.
- HUBBARD J.P., HORMAN G.E. and HADON Y., 1983.- Effect of soil-borne *Pseudomonas* spp. on the biological control agent, *Trichoderma hamatum*, on pea seed. Phytopathol. 73:655-659.
- KING E.O., WORD M.K. and RONEY D.E., 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. J. Lab. Clin. Med. 44:301-307.
- KLOEPPER J.W., SCHROTH M.N. and MILLER T.D., 1980.- Effects of rhizobacteria on potato plant development and yield. Phytopathol. 70:1078-1082.
- LOZANO J.C. and BELLOTTI A., 1978.- *Erwinia carotovora* pv. *carotovora*, causal agent of bacterial stem rot of cassava : etiology, epidemiology and control. PANS 24:467-479.
- LOZANO J.C. and BOOTH R.H., 1976.- Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). PANS 24:467-479.

- LOZANO J.C. ; BELLOTTI A. ; REYES J.A. ; HOWELER R. ; LEIHNER D. and DOLL J., 1981.- Field problems in cassava (2nd Ed.) CIAT, Cali, Colombia, Serie GE-16, 205 pp.
- PAPAVIZAS G.C., 1975.- Crop residuos and amendment in relation to survival and control of root infecting fungi : an introduction. In Biology and control of soil-borne plant pathogens. Third International Symposium in Factors Determining the Behavior of Plant Pathogens in soil. Bruehl, G.W. The American Phytopathological Society, Minnesota, 216 pp.
- SCHROTH M.N. and HANCOCK G.J., 1982.- Disease-suppressive soil and root colonizing bacteria. Science. 216:1376-1381.
- SUSLOW T.V. and SCHROTH M.N., 1982.- Rhizobacterias of sugar beets : Effects of seed application and root colonization on yield. Phytopathol. 72:199-206.
- TORO J.C. and ATLEE C.B., 1981.- Practicas agronomicas para el cultivo de la yuca. CIAT, Cali, Colombia, 44 pp.
- TOUSSOUN T.A., 1980.- Fusarium suppressive soil. Phytopathol. 70:412.
- UTKHEDE R.S. and RAHE J.E., 1983.- Effect of *Bacillus subtilis* on growth and protection union against white rot. Phytopathol. 106:199-123.
- WELLER D.M., 1983.- Colonization of wheat roots by a fluorescent pseudomonad suppressive to take-all. Phytopathol. 73:1548-1553.

CASSAVA MEALYBUG (*PHENACOCCLUS MANIHOTI*) AND GREEN MITES
(*MONONYCHELLUS* spp.) BIOLOGICAL CONTROL : AN EXAMPLE OF
CLASSICAL BIOLOGICAL CONTROL FOR AFRICA

H.R. HERBEN, P. NEUENSCHWANDER, W.O.N. HAMMOND,

J.S. YANINEK, T. HAUG, P. SCHULTHESS

International Institute of Tropical Agriculture

P.M.B. 5320. IBADAN. NIGERIA

B. LOEHR, A.M. VARELA

EMBRAPA-LEPAE Dourados

Caixa Postal 661, CEP,

79800 DOURADOS - MS. BRAZIL

R.D. HENNESSEY

Pronam, Mvuazi, Bas-Zaïre. ZAIRE

SUMMARY

The cassava Mealybug (CM) and the Green Mite (CGM) complex have been first discovered in Africa in the early seventies. Having been accidentally introduced from South America into Africa, they spread rapidly over most of the cassava belt, leaving behind heavy losses, up to 80 per cent of root yield. They are now threatening the staple of 200 million people who depend for over 50 per cent of their caloric intake from this starchy crop. IITA has taken the lead in the biological control approach to solve the problems posed by these two pests and is training local entomologists in this aspect of pests control practices. Exploration in the area of the pests (South America) has yielded so far, 27 CM natural enemies species and 25 CGM predatory (phytoseiid mites). Seven CM and 3 CGM natural enemies have so far been introduced to Nigeria for detailed bionomic studies and experimental releases in the different ecological zones of the African cassava belt. One CM parasitoid, *Epidinocarsis lopezi* has been established in eleven countries and is spreading rapidly. Its impact is dramatic and chances of success very high. New species of CM and CGM natural enemies are being introduced for the establishment of an equilibrium situation in the African cassava agro-ecosystem.

RESUME

La cochenille du manioc et le complexe d'acariens verts ont été découverts tout d'abord en Afrique dans les débuts 1970. Ayant été introduits accidentellement d'Amérique du Sud en Afrique, ils se sont rapidement propagés dans la plupart des zones à manioc entraînant de lourdes pertes atteignant jusqu'à 80 pour cent des rendements en tubercules. Ils menacent maintenant l'alimentation de base de 200 million de personnes dont l'apport calorique dépend pour plus de 50 pour cent

de cette culture vivrière. L'IITA a pris la tête de programmes de lutte biologique pour résoudre les problèmes de ces deux ravageurs et forme des entomologistes locaux aux pratiques de lutte contre ceux-ci. Les prospections dans les pays d'origine de ces ravageurs (Amérique du Sud) ont permis d'obtenir 27 espèces d'ennemis naturels pour la cochenille et 16 prédateurs pour les acariens (Phytoseiid). 6 ennemis naturels de la cochenille et 3 prédateurs des acariens ont été introduits au Nigeria pour des études biologiques précises et des lachers expérimentaux dans les différentes zones écologiques africaines de culture du manioc. Un parasite de la cochenille *Epidinocarsis lopezi* a été établi dans six régions et s'est rapidement répandu. Son action paraît importante et les chances de succès semblent très élevées. De nouvelles espèces d'ennemis naturels de la cochenille et des acariens prédateurs sont en cours d'introduction afin d'arriver à établir un équilibre biologique stable dans l'agro-écosystème du manioc en Afrique.

INTRODUCTION

After their accidental introduction into Africa in the late sixties and early seventies, the Cassava Mealybug (CM) and Green Mites (CGM) have spread rapidly across the cassava belt, covering more than 75 per cent of its total area.

The severe root yield losses as well as the loss of leaves and planting material have prompted the development of a continent-wide strategy to bring the two pest under control.

IITA has therefore taken the lead in the development and implementation of the Africa-wide Biological Control Project (ABCP). This Project is carried out in collaboration with other international organizations, namely, the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) in Cali, Colombia; the Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC) in Trinidad and London; the Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Brazil, for the exploration and quarantine work; the Commonwealth Institute of Entomology (CIE) and the British Museum of Natural history in London for taxonomy work; the University of California, Berkeley, and the Federal Institute of Technology in Zurich for plant-pest interaction research, as well as many scientists from different continents and as many as 23 Institutions.

The ABCP is financed by a group of donors, among them the International Fund for Agricultural Development (IFAD) and the Aid Agencies of Switzerland, Austria, West Germany, the Netherlands, Denmark and Italy. The International Development Research Center (IDRC) is financing directly CIBC activities related to CGM biological control in East Africa (except quarantine).

The biological control approach has been chosen in view of the exotic status of the two pests. The feasibility study conducted by IITA between 1980 and 1984 has shown the

great potential of this approach. The ABCP emerged from this study and is now being implemented. The objectives of the ABCP are :

(1) to achieve a permanent, ecologically safe and economically sustainable control of both the Cassava Mealybug (CM) and the Cassava Green Mites (CGM) in Africa by establishing a scientific base to carry out a classical biological control programme.

(2) Train biological control technicians nationally as support specialists to assist our immediate efforts to control the two pests (short-term extension type training courses at IITA & CIBC), support financially and technically graduate and post-graduate students in biological and integrated pest control disciplines and initiate national biological control programmes.

(3) Create by the combination of the above two points, an African biological control capability to carry out other biological control projects on a national or regional basis using the ABCP as a training model.

RESULTS

The short term allocated for this paper doesn't allow for more than a few highlights of the work so far accomplished by the IITA team and its collaborators in South America, U.S., EUROPE and Africa.

(a) Exploration

In view of the needs to have a wide complex of natural enemy species to establish a stable and efficient control of the two pests, continued efforts have been and are still being made to locate the whole natural enemy complex of these pests in South and Central America.

Of the numerous species so far identified and collected by the CIBC, IITA and CIAT teams, two parasitoids and five predators of the CM and three predators of the CGM have been successfully introduced into Nigeria for detailed bionomic studies and experimental releases. CM parasitoids : *Epidinocarsis lopezi*, *Allotropa* sp., predators : *Hyperaspis* ? *jucunda*, *H. notata*, *Hyperaspis* sp., *Diomus*, *Symphorobius maculipennis* ; CGM predators : *Neoseiulus idaeus*, *N. anonymus*, *Phytoseiulus persimilis*). Linked with the exploration activities are the very important quarantine laboratories and the CIE in London.

(b) field Ecology And Bionomic Research

Major efforts are being undertaken in the ABCP to have a comprehensive scientific basis for its implementation and its impact assessment. To this end, the host plant-pest insect and mites interactions have been assessed in field experiments over the last three years. The collected data are now analysed and used in the validation process of a computer simulation model, which includes the host plant, the CM and CGM and, in the future, the natural enemies. Efficient sampling procedures for the CM, CGM and their natural enemies have already been developed and are being used by the field staff across Africa in pre and post-release monitoring. Economic injury levels have been established and are used for the impact assessment.

(c) Biological Control Technology development
(Mass-Rearing/Release)

In order to carry out the ABCP according to time schedule as required by the magnitude of the problem, the large scale mass production of beneficial insects and mites is being concentrated in one location during the ABCP's first phase. After three years of efforts in developing mass-rearing systems for CM, CGM and their natural enemies, a system of rearing modules or "Cassava Trees" is now in its final test phase. The system has different technology levels to take into account the differential abilities of National Programmes to handle them. It uses an aeroponic plant growth system and every module is fully independent. The full eight week cycle from planting to natural enemy collection is done under total isolation and in one operation. When operational, this system will be decentralized and used in regional biological control laboratories.

The ground release of CM and CGM natural enemies over large areas remains a major obstacle to an efficient control operation. To overcome it, IITA has developed, along with the mass-rearing technology, aerial release and automatic packaging systems. The aerial release system has been extensively tested at IITA and the first operational experiments have been carried out in Ghana in February-March 1985. Recoveries of field reproducing *E. lopezi* in the aerial release areas show the potentiality of this method for large scale releases. Although CGM/predators have also been released, the CGM population has so far been too low to allow the recovery of eventually established phytoseiids.

(d) Experimental Releases and Monitoring

So far, releases of CM natural enemies reared in IITA have been made in 10 countries. These releases were made in 32 sites, with up to five release points at each site. All available CM natural enemies have been released in these

different sites but until now, only the establishment of *E. lopezi* has been recorded. A total of 650,000 km² are covered by *E. lopezi* in thirteen countries. Wherever *E. lopezi* has been established for over one dry season, CM populations have been kept below injury levels (15-25 CM/tip). Extensive monitoring operations in Nigeria have also shown that *E. lopezi* does spread rapidly, up to 170 km/year. Although *E. lopezi* is known from laboratory experiments to have a low parasitization rate (20 to 40 per cent) it is a very good control agent. It is able to overcome encapsulation by superparasitization and increase its host's mortality through host feeding. In field experiments, we have shown that where *E. lopezi* is present, the CM is kept at low densities. Physical and chemical exclusion of *E. lopezi* in experiments, allowed however, a CM population increase to damaging levels.

(e) Training

The ABCP is heavily committed to the training of biological control specialists at two levels :

- (i) Extension
- (ii) Higher degree (MSc. and Ph.D)

From 1985 to 1989 up to 100 extension officers will be trained in biological control practices and 56 M.Sc. and Ph.D. scholarships awarded. The specialists so trained should eventually become the backbone of national and regional control programmes in Africa.

CONCLUSION

The ABCP has so far shown great potential to overcome the CM problem. Continued efforts should be made on all fronts to make it another success of classical biological control. Concerned efforts will be needed to achieve biological control of the CGM. However, the prospects are good in view of the large complex of phytoseiid species already known.

LITERATURE

IITA Annual Reports and Research Highlights 1982, 83, 84.

THE USE OF THE ENZYME-LINKED IMMUNOSORBENT ASSAY AND
IMMUNOSORBENT ELECTRON MICROSCOPY FOR THE DETECTION AND
CHARACTERIZATION OF CASSAVA COMMON MOSAIC VIRUS

*{Usage du Test ELISA et de l'immunoelectromicroscopie pour
détecter et caractériser une souche de la mosaïque commune du manioc}*

B. PINEDA, A.C. VELASCO and B.L. NOLT

CIAT Cassava Program
Apdo. Aéro 6713
CALI, COLOMBIA

SUMMARY

The double-antibody sandwich form of the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) provided a rapid and sensitive means for the detection of cassava common mosaic virus (CCMV) in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). The ELISA procedure is particularly useful in a large-scale CCMV indexing program because many more plants or plantlets can be assayed per day than by graft indexing or bioassays. The horseradish peroxidase : O = phenylenediamine enzyme-substrate combination is a sensitive signal for detecting CCMV. The immunosorbent electron microscopy (ISEM) technique was used to serologically compare a Colombian isolate with CCMV and other members of the potexvirus group by observing the number of virus particles selectively absorbed by different potexvirus antisera. The ISEM method also increased the number of virus particles adsorbed on the surface of the electron microscope grid available for observation and measurement.

RESUME

Le test immunoenzymatique à double anticorps "ELISA" fournit une méthode rapide et sensible pour détecter la mosaïque commune du manioc (CCMV) dans les plants de Manioc.

Le test ELISA est particulièrement utile pour des tests d'indexation à grande échelle, car il permet d'examiner beaucoup plus de plantes par jour que par les tests utilisant le greffage ou les hôtes différentiels. La combinaison enzyme-substrat peroxydase du radis noir - orthophénylène-diamine peut servir de signal particulièrement sensible pour détecter CCMV. L'immunoelectromicroscopie (ISEM) a été utilisée pour comparer sérologiquement une souche colombienne de CCMV et

d'autres membres du groupe "potexvirus" en observant le nombre de particules virales sélectivement adsorbées par les antisérums correspondant aux divers potexvirus. Cette méthode permet aussi d'augmenter le nombre de particules virales fixées sur les grilles pour observation et mensuration au microscope électronique.

The double antibody sandwich form of the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) provided a rapid and sensitive means for the detection of cassava common mosaic virus (CCMV) in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). The ELISA procedure is particularly useful in a large-scale CCMV indexing program because many more plants or plantlets can be assayed per day than by graft indexing or bioassays. The horseradish peroxidase : O = phenylenediamine enzyme-substrate combination is a sensitive signal for detecting CCMV. The immunosorbent electron microscopy (ISEM) technique was used to serologically compare a Colombian isolate with CCMV and other members of the potexvirus group by observing the number of virus particles selectively absorbed by different potexvirus antisera. The ISEM method also increased the number of virus particles adsorbed on the surface of the electron microscope grid available for observation and measurement.

Cassava common mosaic virus (CCMV), a plant potexvirus with elongated rod-shaped particles, is present in cassava from many Latin American countries. The field incidence of CCMV is usually low however the yield of infected plants can be reduced by as much as 60 per cent. Although there are no reported vectors of CCMV this virus is readily mechanically transmitted and efficiently disseminated in infected planting material. The risk of introducing CCMV into new areas via infected vegetative material is high therefore sensitive virus detection methods are required for indexing cassava germplasm for the presence of CCMV. The double antibody sandwich form of the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and immunosorbent electron microscopy (ISEM) are available for detecting CCMV in cassava.

The ELISA test is conducted in small wells in a polystyrene or polyvinyl chloride microtiter plate containing 96 sample wells. Sample preparation consists of grinding the plant tissue sample in 20 to 100 volumes of extraction buffer with a mortar and pestle. We found that buffer dilutions greater than 1/10 worked better for cassava tissue. Depending on the available labor up to several hundred plants can be indexed/day with results available within 36 hours. If required many more samples can be processed using commercially available tissue extractors and automated ELISA systems. We routinely use CCMV gamma globulins conjugated to horseradish peroxidase as the detecting antibodies but alkaline phosphatase can also be used. Using ELISA CCMV can be detected in small leaf disks from infected cassava plants or in small leaves from plantlets.

ISEM combines the specificity of serology with electron microscopy. Virus particles are selectively adsorbed or "trapped" on the surface of EM grids pre-coated with related antibody molecules increasing the number available for observation. The number of virus particles is related to the degree of serological specificity between the coating antibody and the virus. The higher the number of particles trapped the closer the serological relationship. This technique was used to determine the serological relationship of a Colombian isolate of CCMV with other members of the plant potexvirus group. The ISEM technique can also provide a rapid virus identification. The presence of CCMV can be determined within several hours.

USE OF A MICROWAVE TREATMENT TO ERADICATE SEED-BORNE PATHOGENS FOUND IN CASSAVA BOTANICAL SEED

*(Utilisation d'un traitement aux Micro-ondes pour éradiquer les agents
pathogènes présents dans les graines de Manioc)*

J.C. LOZANO, R. LABERRY and A. BERMUDEZ *

* CIAT's Cassava Program
Apdo. Aero 6713, CALI, COLOMBIA

SUMMARY

A high percentage of cassava seeds, collected from five different edapho-climatic zones, were found infected by several fungal and bacterial pathogens. The incidence and severity of seed infections were not correlated with the climatic conditions at harvest. These pathogens were eradicated from seeds by a microwave oven treatment (1400 W heating power, 2450 MHz) for 120 sec. The effectiveness of this treatment depends on reaching an optimum temperature of 77 C. Several factors, such as container capacity, water volume and seed number can affect the time required to reach 77 C. An arasan dust treatment after microwave exposure, reduces the rate of seed re-infection.

RESUME

Un pourcentage élevé de graines de manioc collectées dans cinq régions pédoclimatiques différentes, a présenté des infections dues à différents champignons et bactéries pathogènes. L'incidence et la gravité des infections des graines n'étaient pas corrélées avec les conditions climatiques prévalant au moment de la récolte. Les agents pathogènes ont été détruits dans les graines par un traitement au four à micro-ondes (1400 W, 2450 MHz) pendant 120 secondes. Ce traitement est efficace si l'on obtient une température optimale de 77°C. Différents facteurs tels que la capacité du conteneur, le volume d'eau et le nombre de graines peuvent modifier le temps nécessaire à l'obtention de la température de 77°C. Un traitement des graines par poudrage à l'arasan après l'exposition aux micro-ondes réduit leur taux de re-infection.

Seeds of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) are commonly accepted by quarantine officials of many countries as free from pathological and entomological agents. The distribution of cassava seeds was thought to be the safest method for the interchange of genetic material among interested groups around the world. However few precautions are currently taken to insure the quality of the material distributed or to prevent dissemination of pathogens on or in seeds.

The causal agents of cassava bacterial blight (*Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*) and cassava anthracnose (*Colletotrichum* spp.), have been reported as seed-borne pathogens (3,4,8). The reported germination rate of cassava seed ranges from 17 to 80 per cent with seeds germinating sporadically over a period of 2 to 4 months (1,5,7). The purposes of this study were :

- 1) to evaluate the phytosanitary condition and quality of cassava seeds collected from different ecological regions under different climatic conditions ;

- and 2) to investigate the effect of microwave treatments on eradicating seed-borne pathogens and enhancing the germination rate of cassava seeds.

MATERIALS AND METHODS

Mature cassava fruits were collected from 31 cultivars grown in five locations with varying ecological conditions (Table 1).

Fruits were collected during both wet and dry seasons to observe the effect of climatic conditions on the nature and severity of seed infection/infestation in each region.

Fruits were visually selected for absence of deformation, insect damage and rotting induced by pathogens. Selected fruits were sundried. After two day they normally dehisced by rupture of the fruit endocarp releasing the seeds. Seeds were collected in cloth bags, selected and stored at room temperature (approximately 23 C.). Seeds were first selected according to normal shape, color, and freedom from insect damage or rotting induced by pathogens. Selected seeds were then separated into two groups according to their density: seeds dense enough to sink in water were separated from those which floated. These two groups of seeds were then air dried and used for germination trials and for evaluation of their sanitary status.

Table 1. Climatological characteristics at sites where fruits of cassava were collected.

Site	Altitude (Mosl)	Mean Temperature (C)	Rainfall ² (mm)	Days to harvest
CIAT (IV) ¹	1,000	27.8	760	330
Media Luna (I)	10	27.2	1,090	328
Carimagua (II)	200	26.2	2,560	360
Caribia (IV)	10	25.3	1,360	320
Popayan (V)	1,800	18.0	3,460	519

¹CIAT identification zone (2,3).

²Total rainfall during the actual growing cycle

Seed germination was evaluated on : a) soaked paper towels or water-agar in Petri dishes ; b) sterile, sandy soil in cement seedling beds ; and c) ridges-rows under field conditions. Seeds in Petri dishes were incubated in growth chambers at 30C and those in seedling beds were maintained under glasshouse conditions at 24 + 5C with 80 per cent RH and 1200-1500 fc light during a 12 h photoperiod.

Seed infection and infestation were tested as follows : approximately 200 seeds were placed on either potato dextrose agar (PDA), PDA acidified with lactic acid to pH 4.2 (acid-PDA), or 0,3 per cent tryptic soy agar media (6). Five seeds were placed in each Petri dish with the respective medium and incubated at 23C for at least 14 days. Micro-organisms were isolated as they became noticeable on the growth media. Isolated fungal number of both bacterial and fungal species isolated per treatment was recorded at the end of the incubation period.

Seeds to be treated with microwaves were placed in Pyrex glass beakers containing water. The beaker with seeds placed centrally in the cavity (volume 39975 cm³) of a microwave oven (Kenmore Model 99421, Sears Roebuck & Co., Chicago, Il 60684, U.S.A.) and exposed to full power (1400 W heating power, 2450 MHz) for various treatment times (Table 6). After treatment seeds were removed and allowed to cool and air dry before storage in paper bags at room temperature

(24°C, approximately). Some seeds were dusted with Arasan (tetramethylthiuram disulfide) before storage. Since a dry-heat treatment is reported to increase the germination of cassava seeds (2), some seeds were heat-treated in an oven at 60°C for 14 days to compare to the microwave treatments.

Temperature appeared to be the most important factor for microbial control and to obtain an optimum level of seed germination. Therefore temperature variations during microwave treatment due to the following variables were investigated : a) size of the Pyrex beaker ; b) water volume per beaker ; c) time of microwave exposure ; d) water source ; and e) number of seeds per container. Water temperatures were taken immediately after all treatments.

RESULTS

A high percentage of cassava fruits were found infected by pathogens in plantations located in each ecological zone (Table 2). Most infection was associated with fruit damage induced by the fruit fly (*Anastrepha* spp.) and infestations by mealybugs (*Phenacoccus* spp.) and thrips (*Frankliniella* and *Corynothrips* spp.). Wounds caused by these insects appeared to be the sites of infection for many pathogens, except *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* and *Diplodia manihotis* which were able to infect uninjured plants under controlled conditions.

A variable percentage of the seeds collected from fruits floated on water. Most of the seeds with low density were collected from insect and pathogen-affected fruits. The weight of floating seeds was only a 50 per cent the weight of seeds that sank in water which ranged from 0.10 to 0.12 g per seed. Untreated seeds with high density had a germination rate of 45 per cent while seeds with low density had only a 6.5 per cent germination rate.

Species of eight different fungal genera were isolated from seeds. Species of four of these genera *Fusarium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, and *Diplodia* are cassava pathogens capable of inducing damping off, root rots, and anthracnose (Table 3). Most fungal species were isolated both during the wet and dry seasons indicating that the sanitary condition of the seeds could be independent from the weather at the time the fruits were harvested (Table 4).

Fungi infecting or infesting the seeds were eradicated by the microwave treatment (Table 5). Apparently the Arasan dust treatment prevented reinfestation of the seeds after microwave treatments, since no microorganisms were isolated after storage for 15, 30 and 45 days. Nondusted seeds were found to be infested by common saprophytic species of *Aspergillus*, *Penicillium*, *Monilia*, etc. The dry-heat treatment did not eradicate *Fusarium* and *Colletotrichum*. Species of these two genera appeared six to ten days after treatment (Table 5).

Table 2. Sanitary condition of cassava fruits and density of seeds collected from 10- to 11- month old cassava plants in four edapho-climatic zones at the end of a 1- to 3- month dry season.

Edapho-climatic zone	Sanitary condition of fruits (%) ¹	Density of botanical seeds(%) ²
	Infected	Floating
CIAT	73.0	81.0
Media Luna	73.0	57.0
Carimagua	15.0	81.0
Caribia	79.0	66.0
Popayan	99.5	100.0
Average	67.9	77.0

1/ The sanitary condition of the fruits was determined visually. Affected fruits refer to fruits with disease symptoms and insect infestations. Most of the problems caused by insect were due to fruit flies, mealybugs and thrips ; fruits were infected by *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp. ; *Colletotrichum* spp., and *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*.

2/ Density selection of botanical seeds in water.

3 Data taken from 850 or more fruits or seeds/edapho-climatic zone.

Table 3. Percent infection of cassava seed collected in four edapho-climatic zones.

Edapho-climatic zone	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Neurospora</i> sp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Rhizopus</i> sp.	<i>Colletotrichum</i> spp.	<i>Diplodia manihotis</i>
CIAT	9	4	7	7	5	3	1	1
Media Luna	19	2	1	0	1	2	0	78
Carimagua	40	19	18	3	9	1	1	1
Caribia	27	14	5	0	1	6	0	53
Popayan	0	0	40	0	0	10	0	0

¹Data taken from 950 seeds from each edapho climatic zone. Seeds were plated on acidified potato dextrose agar medium. Fungal species were isolated 6 days after incubation at 28C. *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* (causal agent of cassava bacterial blight (CBB)) was isolated from seeds collected in Carimagua, Media Luna and Caribia, where the CBB is endemic, by using a tetrazodium chloride medium (TZC) (Kelman, 1956).

Table 4 Fungal species isolated from cassava seeds collected at CIAT headquarters during different dry and wet periods

Date of collection	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Neurospora</i> sp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Rhizopus</i> sp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Diplodia manihotis</i>	<i>Colletotrichum</i> spp.
January/82 (dry)	0	0	50	0	0	0	0	0
February/82 (dry)	3	0	11	5	0	33	0	1
September/82 (dry)	3	0	13	14	0	0	0	3
October/82 (wet)	5	18	0	15	4	0	0	0
November/82 (wet)	4	3	10	0	3	3	0	3
March/82 (dry)	0	0	7	0	7	0	4	0

¹Data collected from more than 300 seeds per sample. Seeds were plated on acidified potato dextrose agar and incubated at 25° C. Organisms identified after 6 days of incubation

Table 5. Percentage of seeds of four clones affected by fungal microorganisms after a microwave or dry heat treatment or density selection.

Treat- ments ²	<i>Penicillium</i> spp.				<i>Neurospora</i> spp.				<i>Fusarium</i> spp.				<i>Diplodia</i> manihotis				<i>Colletotrichum</i> spp.				<i>Aspergillus</i> spp.			
	A	B	C	D ¹	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Microwave ^a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dry heat ^b	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0
Selected seeds ^c	0	0	0	0	0	0	4	0	68	0	40	0	0	0	0	0	60	0	12	0	0	0	4	0
Unselected seeds ^d	0	4	0	0	0	0	8	0	76	12	56	4	0	0	4	0	65	0	18	0	0	4	7	8

¹ Identification : A=CM 340-30; B=SG 715; C=SG 821; D=SG 828 (nomenclature used in the CIAT Cassava Breeding Program (2,3)).

² Treatments: a=120 seconds of microwave exposure (1400 w heating power, 2450 MHz) followed by an arasan dust; b=dry heat (60°C) for 14 days (CIAT Annual Report, 1982) followed by an arasan dust; c=selected seeds by the water-density system but not treated with arasan; d=unselected and untreated seeds. Data taken from 30 seeds per treatment/clone.

However, *X. campestris* pv. *manihotis* was eradicated by both the microwave and dry-heat treatments. High density seeds had fewer contaminated seeds than lots not selected on the basis of density (Table 5). These results have been confirmed using several thousand seeds from different cultivars.

A germination rate of over 90 per cent was obtained when seeds were microwave-treated for 120 sec in a 600 ml Pyrex beaker containing 300 ml of distilled water. Germination was at least 90 per cent on soaked paper towels, water, agar sterile sandy soil, and in ridge-rows under field conditions. The highest germination percentage was consistently obtained from those seeds which were treated for 120 sec microwave exposure (77°C). The germination rate dropped to 55 per cent at 86°C and to zero above 96°C. From 77°C to 56°C, seed germination was high, but the control of seed-borne pathogens was not satisfactory (Table 6).

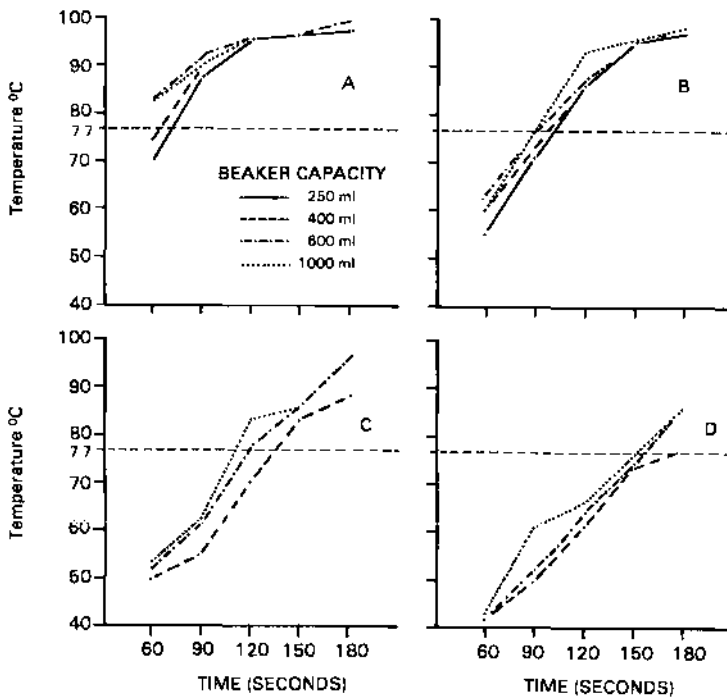


Fig. 1. Effect of the beaker capacity and water volume on water temperature after periods (seconds) of microwave exposure. Water volume in each beaker used was: A=100ml; B=200ml; C=300ml; and D=400ml. The optimum temperature (77°C) is illustrated.

Table 6. Effect of microwave exposure on botanical seed infections/infestations and germination as compared with dry heat (60°C for 14 days) treatment in an electric oven

Time of exposure (seconds)	Temperature (C)	¹ Percentage of infected/infested seed by		Germination ² %
		Fungi	Bacteria	
0	28	80	80	65
30	38	12	90	60
60	52	8	56	65
90	61	6	28	68
120	77	0	0	95
150	86	0	0	55
180	96	0	0	0
240	98	0	0	0
14 days-dry-heat ³	60	60	0	90

¹ Average of 540 seeds/treatment. Visually selected and randomized seeds of clone CM 340-30 were used for each treatment

² Germination on sterile sandy soils

³ Dry heat in oven at 60° C. For germination test all seeds were treated with Arasan (Thyram 75) after the microwave or dry heat treatments.

The optimum temperature of 77°C obtained with the microwave treatment was modified significantly by the time of exposure, size of the container and quantity of water used (Figure 1). The quality of water (tap vs. distilled water) induced a variation of 1 to 5°C, with the highest temperatures reached when tap water was used. The number of seeds/treatment did not induce significant changes in water temperature if the quantity of seeds was not higher than 100 units. When more than one beaker was introduced into the oven, the temperature obtained after 120 sec of microwave treatment dropped in relation to the number of beakers used ; for example, if two beakers were inside the oven, the temperature dropped to 71°C ; if 3 to 53°C ; etc., during a 120 seconds of microwave exposure).

DISCUSSION

There are several seed-borne fungal or bacterial pathogens in most of the cassava growing areas which represent potential quarantine risk to cassava in areas where the infested or infected material is introduced. The dissemination of cassava seed-borne pathogens can be minimized by : a) collection of apparently healthy mature fruits and drying them before seed removal ; b) selection of seeds with normal size and shape ; c) discarding seeds which float in water ; d) treating high density seeds (approximately 100 seeds) in water (300 ml in a 600 ml Pyrex beaker) centrally in the cavity (volume 39975 cm³) of a microwave oven at full power (1400 w heating power, 2450 MHz) for 120 sec ; and e) dusting microwave-treated seeds with Arasan (*tetramethyl-thiuran disulfide*) before packaging in sterile paper bags. Because optimum temperature obtained with the microwave treatment can be modified by several factors, developing the system according to the equipment available suggested.

ACKNOWLEDGMENT

We wish to thank to Dr. C.H. HERSHEY, of the Cassava Program of CIAT, for his valuable suggestions.

LITERATURE CITED

- CAPINPIN, J.M., and BRUCE, U.C. 1956. Floral biology and cytology of *Manihot utilisima*. The Philippine Agriculturist. 39 : 306-316.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1981. Annual Report 1980. Cassava Program. CIAT, Cali, Colombia. 265 pp
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1983. Annual Report 1982. Cassava Program. CIAT, Cali, Colombia. In press.
- ELANGO, F., and LOZANO, J.C. 1980. Transmission of *Xanthomonas manihotis* in seed of cassava (*Manihot esculenta*). Plant Disease 64 : 784-786.
- HAHN, S.K., HOWLAND A.K., and TERRY, E.R. 1973. Cassava breeding at IITA. Proceedings of the Third International Symposium of Tropical Root and Tuber Crops pp.
- MARTIN, J.K. 1975. Comparison of agar media for counts of viable soil bacteria. Soil Biol. Biochem. 7 : 401-402.
- MARTIN, F.W. 1976. Cytogenetics and plant breeding of cassava. Plant Breeding Abstracts. 46 : 909-916.
- PERSLEY, G.J. 1980. Studies on the survival and transmission of *Xanthomonas manihotis* on Cassava Seed Ann. Appl. Biol. 93 : 159-166.

INVESTIGATIONS OF CASSAVA MITES OF TANAJOA COMPLEX AND THEIR NATURAL ENEMIES IN THE NEOTROPICS

(Recherches sur les acariens du complexe *Tanajoa* chez le manioc et
sur les ennemis naturels dans les néotropiques)

M. YASEEN

Commonwealth Institute of Biological Control
TRINIDAD, W. I.

SUMMARY

Surveys for cassava mites and their natural enemies in the Caribbean, Central and South America have revealed at least fourteen Tetranychid mites and a fairly large predator complex including fourteen Phytoseiids, three Cecidomyiids, seven Coccinellids, four Staphylinids, an Anthocorid and a Thysanopteron. Several of the predators, especially *Thyphlodromalus* spp., *Oligota* spp., *Stethorus* sp. and *Feltiella* spp., appreciably reduce host numbers and are recommended for trials against *Mononychellus tanajoa* complex in Africa.

RESUME

Des enquêtes sur les acariens et leurs ennemis naturels dans la Caraïbe, l'Amérique Centrale et du Sud ont révélé au moins quatorze acariens Tetranychidae et un assez large complexe de prédateurs dont quatorze Phytoseiidae, trois Cecidomyiidae, sept Coccinellidae, quatre Staphylinidae, trois Anthocaridae et un Thysanoptère. Plusieurs des prédateurs, spécialement *Typhlodromalus* spp., *Oligota* spp., *Stethorus* sp. et *Feltiella* sp., réduisent significativement le nom des hôtes et se recommandent pour des essais contre le complexe *Mononychellus tanajoa* en Afrique.

Since its discovery in Uganda in 1971 *Monochellus tanajoa* Bondar has rapidly spread and is now present in almost all the cassava growing countries in tropical Africa. Bondar (1938) had described it from Brazil. Doreste (1981), split it into three : *manihot*, *progresivus* and *tanajoa*. YASEEN et al (1982) and FLECHTMANN (pers comm) report the presence of *progresivus* and *tanajoa* in East Africa (Kenya) and West Africa (Nigeria).

In Africa, the mites of *tanajoa* complex defoliate cassava plants, and yield losses of up to 46 per cent have been reported (NYIIRA, 1975, 1976). In the Neotropics they were little known until their discovery in Africa. Predators are considered to play a considerable role in regulating the mite populations. Investigations were made in the Caribbean, Central America and South America for the cassava mites and their predators with a view to evaluate them for introduction into the Afrotropics.

Cassava mites

The Tetranychid mites encountered during these surveys are given in Table 1.

These have revealed a very wide distribution of mites of *tanajoa* complex. YASEEN (1977) and YASEEN & BENNETT (1977) have given the biology and ecology of these in Trinidad. The mite populations are greatly influenced by climatic conditions with peak numbers occurring during the dry season March - June and September - October. However, during drought in 1978, the host plants were stunted resulting in a partial defoliation and adversely affecting numbers of the mites. The onset of wet season invigorates plant growth and development of new leaves in turn stimulates growth of mite population attaining peak densities by the middle of June without any pronounced fluctuations up to the middle of July, when they collapse under influence of sustained heavy rains. a minor peak develops during the short dry season in September.

Predators

Several predators were recorded during the surveys. These included fourteen predaceous mites of the family Phytoseiidae, three Cecidomyiids, seven Coccinellids, four Staphylinids, an Anthorid and a Thysanopteron. Details of the predators are given in Table 2.

Table 1. Tetranychid mites collected on cassava during surveys in the Neotropics (1974-1981)

Tetranychids	Distribution
<i>Mononychelius bondari</i> Paschoal	Brazil
<i>M. caribbeanae</i> McGregor	Bahamas, Barbados, Brazil Colombia, Guyana, Mexico, Nicaragua, Panama, Peru, St Kitts, Surinam, Trinidad, Tobago, Venezuela
<i>M. manihoti</i> Doreste	Trinidad, Venezuela
<i>M. mcgregori</i> (Flechtmann & Baker)	Brazil, Colombia, Ecuador, Peru, Trinidad
<i>M. progresivus</i> Doreste	Bolivia, Colombia, Paraguay, Trinidad, Venezuela
<i>M. tanaioa</i> (Bondar)	*Bahamas, Brazil, Colombia, *Guyana, Mexico, *Paraguay, Surinam, Trinidad, Tobago, Venezuela
<i>Oligonychus peruvianus</i> (McGregor)	Colombia, Ecuador, Trinidad Venezuela
<i>Tetranychus bastosi</i> Tuttle, Baker & Sales	Bolivia
<i>T. cinnabarinus</i> (Boisduval)	Montserrat, Colombia, Para- guay
<i>T. sp. probably cinnabarinus</i> (Boisduval)	Peru
<i>T. tumidus</i> (Banks)	Mexico, Trinidad
<i>T. urticae</i> (Koch)	Colombia, Guyana, Surinam, Trinidad
<i>T. sp. probably urticae</i>	Colombia, Peru
<i>Tetranychus sp.</i>	Bahamas, Bolivia, Mexico, Nicaragua

*Determinations of *M. tanaioa* from these countries now need confirmation

Table 2. Predators of *M. tanajoa* and related cassava mites encountered during surveys in the Neotropics (1974-1981)

Predators	Distribution
Phytoseiidae	
<i>Amblyseius largoensis</i> Muma	Tobago
<i>Euseius brazilli</i> El Banhway	Ecuador
<i>E. concordis</i> (Chant)	Tobago
<i>E. fruticulus</i> (Gonzalez & Schuster)	Paraguay
<i>E. hibisci</i> (Chant)	Bahamas
<i>E. vivax</i> (Chant & Baker)	Venezuela
<i>Euseius</i> sp.	Trinidad
<i>Noeseiulus idaeus</i> Denmark & Muma	Paraguay
<i>Phytoseiulus macropilis</i> Banks	Peru
<i>Thyphlodromalus aripo</i> De Leon	Guyana
<i>T. horatii</i> De Leon	Bolivia, Brazil, Guyana, Surinam
<i>T. limonicus</i> (Garman & McGregor)	Bolivia, Brazil, Colombia, Ecuador, Guyana, French Guyana, Trinidad, Mexico, Surinam, Venezuela
<i>T. peregrinus</i> (Muma)	Ecuador, Guyana, Surinam
<i>T. rapax</i> (De Leon)	Colombia, Trinidad, Peru
Cecidomyiidae	
<i>Anthrocnodax</i> sp.	Colombia
<i>Feltiella</i> sp.	Trinidad, Bahamas, Colombia, Mexico, Venezuela, Montserrat
Gen. et sp. indet.	Barbados, St Kitts, Trinidad
Coccinellidae	
<i>Delphastus argentiniensis</i> Nonemacher	Guyana, Surinam
<i>D. sp. nr. pusillus</i> (Le Conte)	Paraguay
<i>Diomus sp. nr. tenuis</i> Brethes	Paraguay
<i>Stethorus darwini</i> (Brethes)	Guyana, Surinam
<i>Stethorus</i> sp.	Peru
<i>S. utilis</i> (Horn)	Colombia, Nicaragua, Trinidad
<i>S. sp. or spp.</i>	Venezuela

Table 2 - continued

Predators	Distribution
Staphylinidae	
<i>Oligota barbadorum</i> Frank	Barbados
<i>O. minuta</i> Cam.	Antigua, Brazil, Bahamas Colombia, Cuba, Ecuador, French Guyana, Montser- rat, Peru, St Kitts, Su- rinam, Trinidad, Tobago
<i>O. pygmaea</i> Sol.	Colombia, Mexico, Peru
<i>Philonthus</i> sp.	Brazil
Thysanoptera	
Unidentified	Trinidad
Anthocoridae	
<i>Clidiastethus</i> sp.	French Guyana

The predators especially *Oligota* spp., *Stethorus* spp. and the Phytoseiid, particularly *Typhlodromalus limonicus*, exert a significant influence in regulating population densities of the mite. YASEEN (1984) has investigated the biology and ecology of the Staphylinid *Oligota minuta*. Observations on *Typhlodromalus* spp. (*limonicus* and *rapax*) were made in some detail in 1978-80 in Trinidad. Both became scarce during the dry periods at a time when host density is usually increasing. Right host populations and the corresponding increase in the density-dependent predator *O. minuta*, seem to disturb the activities of these Phytoseiids. Although Mc MURTHY et al. (1970) have mentioned Staphylinids and Coccinellids attacking Phytoseiid, predation by *O. minuta* and *Stethorus* spp. on Phytoseiid mites in this study was not observed. Rather, activities of the latter seem to be inhibited by the presence of the former. Phytoseiids are more abundant towards the end of July and early August after host infestations have started to decline and *Oligota* and other density-dependent predators have become less abundant. The mites seem to prefer cooler situations as they are more prevalent on the more mature infested leaves. Possibly the hirsute nature of the younger leaves inhibits the predatory mites. *Typhlodromalus* spp. usually rest in protected situations especially along the mid-rib and other major veins. Although they run rapidly, they seldom move far in the presence of abundant prey.

During periods of extreme prey scarcity, these predators feed on plant materials as do many other phytoseiids (MATHYS, 1958). In August when cassava was flowering, these were observed feeding on pollen. About 25 per cent of the flowers which were open contained Phytoseiid and 50 per cent of the partially opened flowers contained one or more Phytoseiids. YASEEN and BENNETT (1977) have reported a positive response of *M. tanajoa* to NPK. Counts of *T. limonicus* on plants in N, P, & K fertilized plots and an equal number of non-fertilized plants in an adjacent plot were made in November at a time when the predator was quite numerous and the host quite scarce.

The results are presented in Table 3.

It could not be determined conclusively of the higher numbers in both plots of variety 133-2 was coincidental or whether populations are regularly higher.

In the laboratory, Phytoseiids survived for 5-8 days when placed with *Tetranychus cinnabarinus* on bean leaf, placed in a non-ventilated closes tube with high humidity and for 5-6 days in open, well-ventilated tubes. The predator oviposited readily.

Table 3. Incidence of *Typhlodromalus limonicus* in fertilized and non-fertilized plots of cassava in Trinidad, November 1978

Cassava variety	Fertilized Plots*	Non-fertilized plots
133-2	37	49
Brown stick	11	7
Butter stick	11	11
Black stick	17	37

* Mites counted in six plants in each plot

Stethorus sp. ? utilis

In Trinidad this density-dependent Coccinellid appears sporadically, adults and larvae being abundant in several fields while frequently it is absent in others. Both larvae and adults prey on Tetranychid mites and attack all stages. Eggs laid in clusters amongst infestations hatch in 2 days. The four larval instars are completed in 6-7 days. Larvae are very active and voracious consuming an average of 132 mites. Pupation occurs on the leaf. The adults on emergence, remain inactive for an hour or longer. Mating lasts for long periods and is frequently repeated. Females lay an average of 67 eggs in clusters of up to 11. Adults live up to 31 days and consume an average of 287 mites.

Feltiella sp.

This Cecidomyiid is also density-dependent. It appears in mite infestations in February-March when host populations are increasing. Adults have not been observed in cassava fields and observations at different times of day have failed to reveal their period of activity. Eggs are laid on the under surface of leaves often concealed by dead mites and other debris. The larvae on hatching, remain in protected situations, close to the mid-rib or other main veins, where host numbers are high. Some larvae construct protective cocoons of loosely woven fibres on the under surface of leaves. However, compared with the very large number of Cecidomyiid larvae per leaf, very few cocoons have been encountered suggesting that pupation may also occur elsewhere. Larval populations decline rapidly in July-August.

Discussion and conclusions

The investigation has revealed a fairly large complex of spider mites associated with cassava as well as several predators in the Neotropics. Several predators play significant roles in regulating the Tetranychid population. Both *Oligota minuta* and *Typhlodromalus limonicus* are widely distributed in the Neotropics and adapted to varying climatic conditions. they attack several species of host mites and trials in Africa are warranted. *Stethorus* and *Feltiella* are voracious predators, appreciably reduce dense host populations and also deserve trials against the hosts in areas of discovery.

Acknowledgements

This investigations was funded by the International Development Research Centre, Canada. Dr. HAROLD Denmark, Florida Department of Agriculture and Consumer Services and Dr. C H W FLECHTMANN, ESALQ, Piracicaba, Sao Paulo, Brazil determined the mites. Dr. J H FRANK, Florida Entomology Laboratory, Vero Beach, Dr. M S K GHOURI, CIE, London, Dr. R GAGNE and Dr. R D GOEDEN, USNM, Washington, DC respectively determined the Staphylinid, Anthocorids, Cecidomyiids and Coccinellids. these are gratefully acknowledged.

REFERENCES

- BONDAR, G. 1938. Notas entomologicas da Bahia 3. Rev. Ent. Brazil 9 (3-4) : 441-445.
- DORESTE, E. 1981. Acaros del genero *Mononychellus* Wainstein (Acari.: Tetranychidae) asociados con la yuca (*Manihot spp.*) en Venezuela. Boletin de Entomologia Venezuelana 10 : 119-130.
- MATHYS, G. 1958. The control of phytophagous mites in swiss vineyards by *Typhlodromus* mites. Proc. 10th Int. Congr. Ent., Montreal (1956) 4 : 607-610.
- MCMURTRY, J.A., HUFFAKER, C.B. & VAN DEVRIE, M. 1970. Ecology of Tetranychid mites and their natural enemies : a review. I. Tetranychid enemies : Their biological characters and the impact of spray practices. Hilgardia 4 : 331-390.
- NYIIRA, Z.M. 1975. Advances in research on the economic significance of the green cassava mite (*Mononychellus tanajoa*) in Uganda. In the International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm in Africa. IDRC-O63e: 27-29.

- NYIIRA, Z.M. 1977. Population dynamics of the green cassava mite and its predator *Oligota*. In Symposium of the International Society of Tropical Root Crops, 4th, Cali, Colombia. Proceedings IDRC, Ottawa, Canada pp. 193-197.
- YASEEN, M. 1977. Preliminary investigations on the biology and ecology of the green cassava mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari : Tetranychidae) in the Neotropics. Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6th, Proceedings 1983, Lima, Peru. pp. 357-361.
- YASEEN, M. & BENNETT, F.D. 1977. Distribution, biology and population dynamics of the green cassava mite in the Neotropics. Symposium of the Intern. Society of Tropical Root Crops, 4th, Cali, Colombia. Proceedings 1976, Cali, Colombia. IDRC-080e : 197-202.
- YASEEN, M., BENNETT, F.D. & INGRAM, W.R. 1982. Investigations on the cassava mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) and its natural enemies in the Neotropics and East Africa. 1979-1982 Final Report. CIBC report, 14 pp.

THE DEVELOPMENT OF A RURALLY BASED CASSAVA FLOUR INDUSTRY IN COLOMBIA

*(Le développement d'une industrie rurale
de farine de manioc en Colombie)*

Rupert BEST and Willem JANSSEN

Cassava Program

Centro Internacional de Agricultura Tropical

Apartado Aereo 6713

CALI, COLOMBIA

Armando CIVETTA and Jorge CABRERA

Instituto de Investigaciones Tecnológicas

BOGOTA, COLOMBIA

Carlos PIEDRAHITA, Alejandro FERNANDEZ and Adolfo Leon GOMEZ

Engineering Division, Universidad del Valle

CALI, COLOMBIA

SUMMARY

The paper describes an on-going cooperative project between the Centro Internacional de Agricultura Tropical, the Instituto de Investigaciones Tecnológicas, and the Universidad del Valle, whose objective is to determine the technical and economic conditions required for the development of a rural cassava flour industry in Colombia. The project is partially financed by the International Development Research Centre. The aim of the project is to design and implement a viable system for the production and use of cassava flour as a partial substitute for Wheat flour in bakery products. The principal areas that are being investigated are : (1) the introduction of improved cassava production technology to reduce costs and raw material prices ; (2) the development of an appropriate cassava processing technology to produce a high quality flour ; (3) the determination of mechanisms to motivate the wheat miller to produce and the baker to use composite flour ; (4) the optimization of baking procedures ; and (5) the evaluation of consumer preferences for and acceptance of composite flour products. The methodological framework within which the project is being carried out is presented, together with the results of the preliminary economic and technical studies that have been undertaken.

RESUME

La communication décrit un projet coopératif en cours entre le Centre International d'Agriculture Tropicale, l'Institut de Recherches Technologiques et l'Université del Valle. L'objectif de ce projet est de déterminer les conditions techniques et économiques pour le développement d'une industrie rurale de farine de manioc en Colombie.

Le projet est partiellement financé par le Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI/IRDC). Le but du projet est de concevoir et de mettre en oeuvre un système viable pour la production et l'utilisation de farine de manioc pour remplacer partiellement la farine de blé en boulangerie.

Les principaux secteurs de la recherche en cours sont :

(1) L'introduction d'une technologie améliorée de production du manioc pour réduire les coûts et les prix de la matière première ;

(2) Le développement d'une technologie appropriée de traitement du manioc pour produire une farine de grande qualité ;

(3) La détermination de mécanismes pour motiver le minotier à produire et le boulanger à utiliser une farine mixte.

(4) L'évaluation des préférences du consommateur et l'acceptation de produits à base de farine mixte.

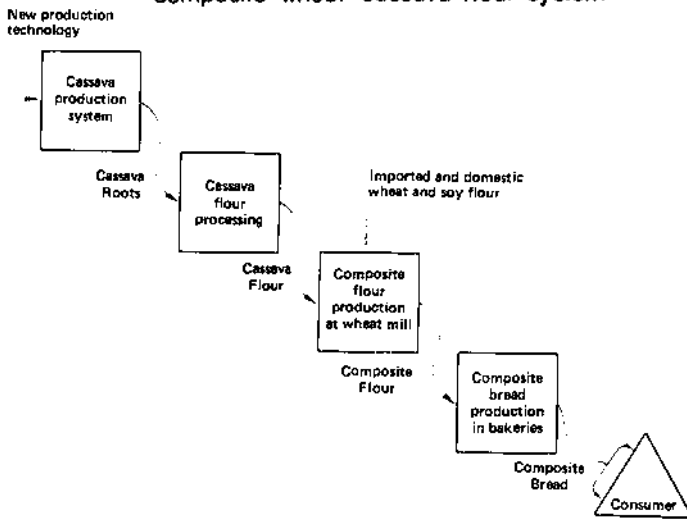
INTRODUCTION

The rapid urbanization of the population in Latin American and Caribbean countries has brought with it an increase in the consumption of bakery products. This, in turn, has led to ever increasing imports of wheat, especially in the tropical countries of the region. In order to reduce the level of these imports and save foreign exchange, on various occasions it has been proposed that the wheat flour in bakery products should be partially substituted by locally produced flours, such as maize, rice, sorghum, potato and cassava flour.

In the specific case of cassava flour, research has shown that it is technically feasible to substitute wheat flour in bread up to levels of 20 per cent (CRABTREE, KRAMER and BALDRY, 1978). However, in practise the implementation of national composite flour programs based on wheat and cassava mixtures has not met with a great deal of success. There are a number of reasons for the failure of these programs. In some cases subsidies on imported wheat have made it impossible to produce cassava flour at a competitive price, in others the cassava flour processing technology has been inadequately selected and, in general, too little attention has been paid to providing incentives to encourage farmers to grow cassava, which has meant that the supply of raw material to the processing plants has often been insufficient and intermittent.

Colombia is one of the few countries in Latin America and the Caribbean that does not subsidise wheat and preliminary economic analysis suggest that the production and use of cassava flour in bakery products would be feasible, given the present cost of producing cassava in the Atlantic

FIGURE 1.
Composite wheat-cassava flour system



Coast region. In light of this, the Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, in collaboration with the Instituto de investigaciones Tecnológicas, IIT, and the Universidad del Valle, Univalle, have initiated a project with the objective of determining the technical and economic conditions required for the development of a rural cassava flour industry. The aim is to design and implement a viable system for the production of composite flour products that includes cassava production and processing, the blending of wheat and cassava flours, the elaboration of bakery products and their sale to consumers, Figure 1.

The project, which is partially financed by the International Development Research Centre, got underway in the second semestre of 1984. The experimental phase will continue for two years and, depending on the results achieved, may be followed by a semi-commercial or development phase. The present article describes the methodological framework within which the project is being carried out and some of initial results of the economic and technical studies that have been undertaken.

THE PROJECT

The principal activities to be tackled to achieve the objective described above are : (1) the introduction of improved cassava production technology to reduce costs and raw material prices ; (2) the development of an appropriate cassava processing technology to produce a high quality flour

at a competitive price ; (3) the determination of mechanisms to motivate the wheat miller to blend and the baker to use composite flour, and (4) the evaluation of consumer preference for and acceptance of composite flour products.

The methodological framework that has been developed to carry out these activities is summarized in Figure 2. The project is divided into three basic research areas : 1) Economic evaluation studies ; 2) Design and Evaluation of processing plant and 3) Bakery product development. In the first year of the project, the economic evaluation includes studies on the Colombian wheat market, cassava production regions, the wheat milling and bakery industries and consumer habits and preferences with regard to bakery industries and consumer habits and preferences with regard to bakery products. This information will orient subsequent work on flour processing and bread making and indicate the most appropriate cassava production region for the establishment of the flour industry.

The design and development of the processing equipment is being carried out during the first year so as to be in a position to construct and operate a pilot plant for the production of cassava flour during the second year. At the same time, breadmaking trials are being undertaken to determine the optimum levels of wheat flour substitution, the need for fortification with soybean flour to maintain nutritional quality and the changes in bakery procedures required when using wheat/cassava composite flours. An important part of this work is to determine whether cassava variety and plant age affect bakery product quality.

In the second year of the project, seven tons of composite wheat/cassava flour will be produced in a wheat mill with the objective of testing both baker and consumer acceptance of the flour and its products. The results of these studies, together with the price and cost information obtained from the pilot processing plant and on-farm cassava production trials conducted in the selected region, will be used to prepare a feasibility study with recommendations as to actions necessary to establish the use of wheat/cassava composite flours in Colombia.

The rest of this article describes the progress that has been made up to the present time.

ECONOMIC STUDIES

With the information obtained through the wheat mill survey (WEISS, 1985), together with preliminary cost data on the production and processing of cassava, it has been possible to make a first estimate of the economic feasibility of mixing wheat and cassava flour, Figure 3. The cost of producing one ton of wheat flour is US\$457. However, the miller recuperates US\$63/t through the sale of the by-

FIGURE 2. PRINCIPAL ACTIVITIES IN THE CASSAVA BAKING FLOUR PROJECT

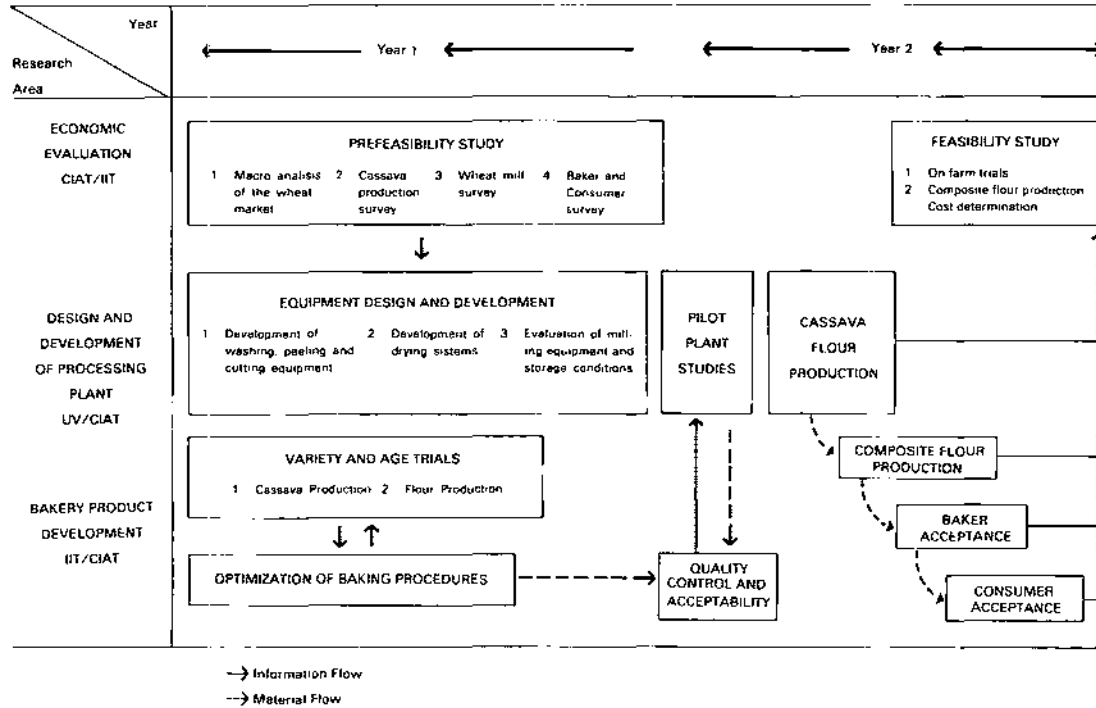
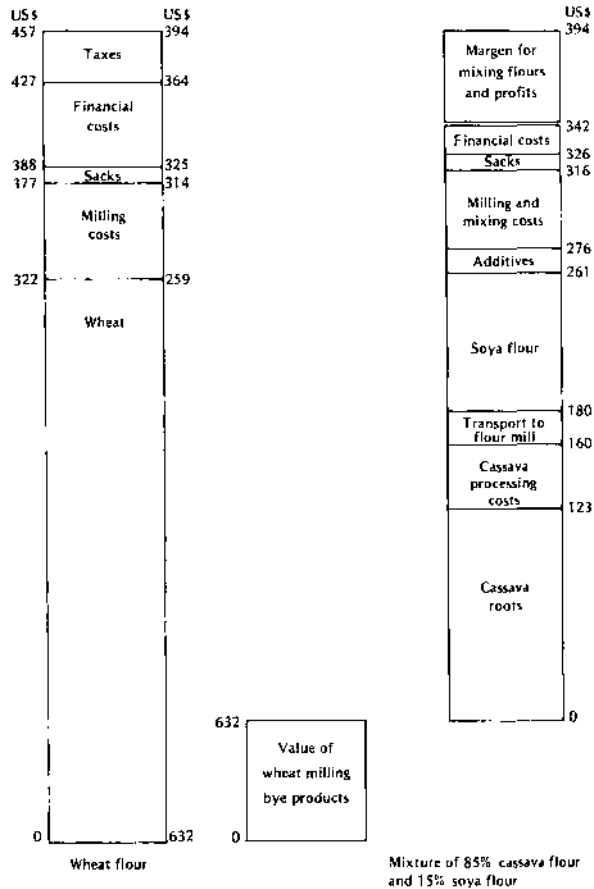


FIGURE 3.
PRODUCTION COST STRUCTURE OF WHEAT FLOUR AND A CASSAVA/SOY
FLOUR MIXTURE. AUGUST 1984.



products so that the non-wheat diluent mixture will have to be produced at a cost of less than US\$394/t. Assuming that the cassava-soja flour diluent mixture will have the same nutritional (protein) content as 100 per cent wheat flour, it appears feasible to produce this non-wheat flour at a price of US\$342/t. This leaves a small positive margin of US\$52/t which be needed to cover the wheat flour-cassava/soja flour mixing costs and also to provide a profit incentive to the miller.

It should be noted that the addition of the soya flour to the cassava flour represents 24 per cent of the total production costs of the mixture. Since the consumption of

wheat flour products represents only 4 per cent of the total protein consumed in Colombian diets the elimination of the soya flour in the composite flour is unlikely to affect critically the nutritional status of the population. The removal of the soya flour would reduce the cassava flour production cost to US\$282/t or to 72 per cent of the cost of producing wheat flour, and should therefore make its incorporation into bakery flour economically much more attractive.

EQUIPMENT DESIGN

In Colombia cassava is predominantly grown on small to medium sized farms. It is highly perishable crop and due to its bulkiness transport costs to urban centres are high. Taking into account these factors, the development of processing plant and equipment is being based on a batch or semi-batch modular design, with each module having a capacity to produce approximately one ton of cassava flour per day. At this scale, the processing technology should be suitable for operation by farmer cooperatives and/or small to medium entrepreneurs, with the plants being located as close to the areas of cassava production as possible.

The operations involved in processing the cassava roots are shown in the flow diagram, Figure 4. After reception and weighing of the roots they are passed to a sorting table where deteriorated roots are discarded and fibrous stumps removed. Washing and peeling are then carried out in a continuous cylindrical rotary machine that is being adapted from a design by ODIGBOH (1978). The peeling process removes the periderm and part of the epiderm.

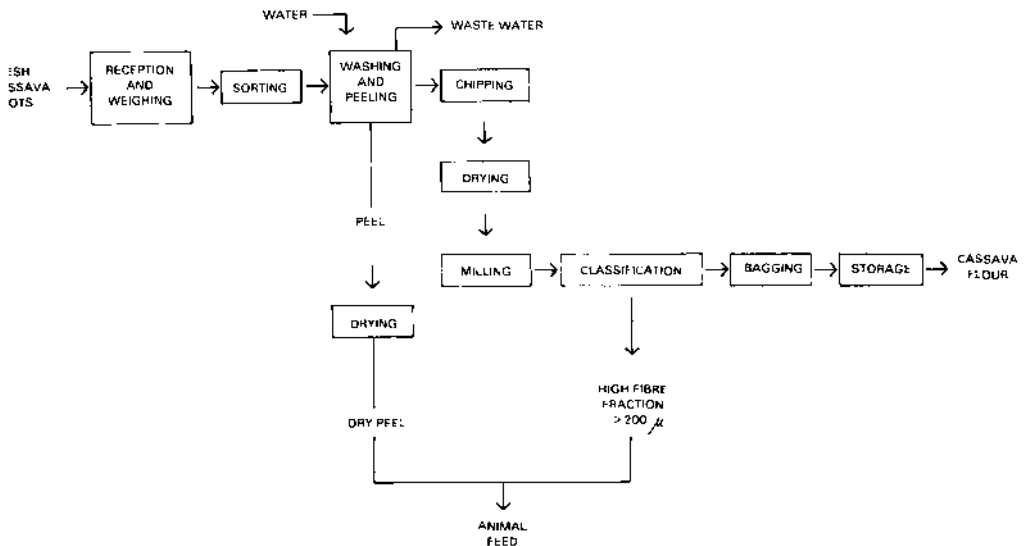


FIGURE 4. FLOW DIAGRAM OF CASSAVA FLOUR PROCESSING PLANT

Three types of cassava chipping machines, Thai, Malaysian and Brazilian (SUAREZ, 1985) are being evaluated and adapted for use in the process. To date, the Brazilian type cutter which produces rectangular bars of section 8 x 10 mm with a length of 10 to 50 mm, has performed best in terms of the drying characteristics of the chips and the ease of manufacture of the cutting blades.

Cassava chip drying is being evaluated using both natural and artificial systems. For natural drying, the inclined mesh bottom tray method has been chosen (BEST, 1978). Under the conditions prevailing at CIAT (26°C, 63 per cent RH, wind speed 1.25 m/s, solar radiation 0.72 cal/cm². min) (*) the optimum tray loading has been found to be 18 kg of fresh chips per m², for artificial drying, a through circulation deep bed drier is being tested, using a coal fired burner to heat the drying air. The optimum loading of this drier is 150 kg of fresh chips per m², for a drying time of 9 hours, with a drying air temperature and flowrate of 60°C and 130 m³/min. t respectively (FIGUEROA, ALONSO and VIERA, 1985). This system consumes 370 kg of coal per tonne of dry cassava produced and operates at a global thermal efficiency of 43 per cent. With a view to combining natural and artificial drying methods the development of a through flow tray drier is also contemplated.

The size reduction of the dry cassava chips to produce flour will be achieved using a hammer mill and trials are underway to determine the optimum operating conditions, in terms of rotor velocity and crib mesh size, that will maximise the production of flour with a particle size of less than 200 microns. Subsequent separation will be carried out using a rotating classifier. The high fibre fraction (200 microns) that should not exceed 20 per cent of the total flour produced, will be recuperated together with the cassava peel for use as an animal feed.

BAKERY PRODUCT EVALUATION

The baking trials that have been undertaken up to the present time have been orientated towards determining whether cassava variety and plant age have an effect on bread characteristics. Flours were prepared from four cassava varieties : M Col 22, CM 976-15, M Col 1684 and M Ven 25 at each of four harvest dates (8, 10, 12 and 14 months). The bread making formula used was : 85 per cent wheat flour 12 per cent cassava flour and 3 per cent soya flour. No additives were incorporated and the composite flour was compared against a 100 per cent wheat flour control. The trials were undertaken using the standard A.A.C.C. method N° 1010 (1969).

(*) Average conditions between 8:00 a.m. and 6:00 p.m.

In trials carried out using flours of the four varieties harvested at 12 months, the bread that gave the highest specific volume ($4.36 \text{ cm}^3/\text{g}^*$) was that containing M Col 22 flour. This bread was also superior in terms of bread score (84.0) (external and internal characteristics of the bread) compared with the other breads prepared from composite flours (77.0-83.0), but inferior to the bread score of the 100 per cent wheat flour control (92.0).

Subsequently, trials were undertaken using M Col 22 flour prepared at the four harvest dates. The results show that specific volume and bread score improve with increasing plant age. With eight month old cassava, the bread produced had a specific volume of $3.84 \text{ cm}^3/\text{g}$ and a score of 73, whereas with fourteen month old cassava the volume was $4.38 \text{ cm}^3/\text{g}$ and the score 81.0.

Additional experiments, of a preliminary nature, in which the bread flour composition was altered, have shown that the use of 15 per cent cassava flour, instead of 12 per cent cassava flour and 3 per cent soya flour, gives a product with an improved specific volume and bread score, Table 1. It therefore appears that the elimination of soya flour from the blend will have not only economic but also technical advantages. A more detailed study on the effect this may have on the nutritional quality of the product is underway.

TABLE 1 : Bread specific volume and score of wheat/cassava and wheat/cassava/soya flour blends

Bread formula	Specific volume cm^3/g	Bread score max.100
85 % wheat flour, 12 % cassava flour ^a and 3 % soya flour	4.20	84.0
85 % wheat flour, 15 % cassava flour ^a	4.60	89.5
100 % wheat control	4.30	92.5

^aCassava flour prepared from 12 month old roots of the variety M Col 22

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge the participation of all the members of the project team in the work reported in this paper.

REFERENCES

- A.A.C.C., 1969. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 7th ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minn.
- BEST R., 1978.- Cassava drying. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. Series OSEC-4, March 1979. 24 p.
- CASTILLO C. and HERNANDEZ W., 1985.- Evaluation de dos sistemas de secado natural para tres tipos de trozos de yuca. Tesis de grado. Facultad de Ingeniera, Universidad del Valle, Cali, Colombia. In preparation.
- CRABTREE Joan, KRAMER E.C. and BALDRY Jane, 1978.- The bread-making potential of cassava as partial replacement of wheat flour. Journal of Food Technology 13:397-407.
- FIGUEROA F., ALONSO L. and VIERA M.A., 1985.- La evaluacion de un sistema de secado artificial de trozos de yuca en capa fija, utilizando carbon como la fuente de energia. In : BEST R. and OSPINA B. comp. 40. Informe del Proyecto Cooperativo DRI-CIAT. Julio 1984-Junio 1985. Centro Internacional de Agricultura Tropical. In preparation.
- ODIGBOH E.U., 1978.- Mechanical devices for peeling cassava roots. In PLUCKNETT D.L. ed. Workshop on small scale processing and storage of tropical root crops. Honolulu, Hawaii, 1978. Westview Press. Boulder, Colorado pp. 309-325.
- SUAREZ I.A., 1985.- Evaluacion del proceso de picado de yuca para produccion de harina panificable. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniera. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 68 p.
- WEISS D., 1985.- The wheat milling industry in Colombia. MSc. Thesis. Department of Rural Economy. University of Alberta, Edmonton, Canada. In preparation.

NUTRITIONAL ASPECTS OF CASSAVA STORAGE AND PROCESSING

Aspects Nutritionnels du Stockage et du Traitement du Manioc

R.D. COOKE
J.E. RICKARD
A.K. THOMPSON

Tropical Development and Research Institute,
56/62 Gray's Inn Road, London WC1X 8LU

SUMMARY

Recent cassava work at TDRI has focussed on the cyanide and phenolic components. Cassava contains cyanogenic glucosides which on tissue damage are hydrolysed via cyanohydrins to HCN. Medical studies have stressed the importance of the long term effects of dietary cyanide. An enzymatic assay developed at TDRI can permit measurement of total cyanide, non-glucosidic (free) cyanide and HCN. Cyanide losses during simple processing of cassava pieces (drying, boiling, soaking) are limited by the hydrolysis of the cyanogenic glucosides. A key factor in cyanide removal from desintegrated tissues is the conversion of non-volatile cyanohydrins to HCN. The interaction of these factors is discussed with respect to traditional processing. The rapid post harvest physiological deterioration of roots appears to be essentially due to wound responses. These include increased activity of phenylalanine ammonia lyase, peroxidase and polyphenol oxidase; formation of phenols such as leucoanthocyanidins, catechins, scopoletin and condensed tannins; and the formation of wound periderm. The influence of storage humidity on these responses is described. The possible anti-nutritional effects of condensed tannins is discussed.

RESUME

Les travaux récents du TRDI (Institut Tropical de Recherche et de Développement) ont porté sur les composés cyanurés et phénoliques. Le manioc contient des glucosides cyanogéniques qui, quand les tissus sont endommagés, sont hydrolysés en cyanhydrines puis en HCN. Des études médicales ont souligné l'importance des effets à long terme des régimes contenant des composés cyanurés.

Une étude enzymatique entreprise au TRDI peut permettre

de mesurer le cyanure total, le cyanure non glucosidique (libre) et le HCN. Les pertes en cyanure pendant le traitement de morceaux de manioc (séchage, ébullition, trempage) sont limitées par l'hydrolyse des glucosides cyanogéniques. Un facteur-clé pour extraire le cyanure de tissus désintégrés est la conversion des cyanhydrines non volatiles en HCN. L'interaction de ces facteurs est discutée par rapport au traitement traditionnel. La rapide détérioration physiologique après récolte des racines semble être essentiellement la réponse à des blessures. Celles-ci comprennent une activité accrue de phénylalanine ammonia lyase, peroxidase et de polyphenol oxidase; la formation de phénols tels que les leucoanthocyanidines, les catechines, la scopoletine et des tannins condensés; et la formation de périderme de blessure. L'influence de l'humidité de stockage sur ces réponses est discutée. Les effets anti-nutritionnels possibles des tannins condensés sont discutés.

2. INTRODUCTION - Cyanide Aspects

World production of cassava is about 120 million tonnes per year, and this has been estimated to provide a major source of calories for about 500 million people (Cock, 1985). Cassava contains the cyanogenic glucosides linamarin and lotaustralin which on tissue damage are hydrolysed to the corresponding cyanohydrins and hence to hydrogen cyanide, by the endogenous enzyme linamarase (Conn. 1969). Cassava is one of the few human food crops in which the content of cyanide can cause nutritional problems (Coursey, 1973; Cooke and Coursey, 1981). Traditional cassava processing is unlikely to remove all the cyanide (Cooke and Maduagwu, 1978; Oke, 1983), the presence of which is responsible for the chronic toxicity associated with the continued ingestion of cassava products (Ermans *et al*, 1980). Recent medical studies (Delange and Ahluwalia, 1983) have stressed the need for screening of cassava to locate lower cyanide lines, and for extended studies of the effects of cassava processing on residual cyanide contents.

A major reason for slow progress in these two areas was the tediousness, lack of accuracy and reproducibility of standard assay methods for total cyanide in cassava. This situation was improved by the development of an enzyme assay (Cooke, 1978) which achieves a rapid and quantitative hydrolysis of the cyanogenic glucosides, and obviates the need for steam distillation or aspiration. Minor variations in the assay procedure permit measurement of total cyanide, non-glucosidic (free) cyanide and HCN (Cooke and De La Cruz, 1982(b)). This is an important factor because these different forms of cyanide respond differently to cassava processing and have different toxicities. Application of this assay method has been the subject of collaborative research between TDRI and CIAT (Cooke, 1979; Gomez *et al*, 1980; Gomez and Valdivieso, 1984), and between TRDI and IITA (Cooke *et al*, Cooke and Maduagwu, 1978; IITA, 1982). Results of these studies, and applications of this assay at other research centres are discussed in the next section.

Recently, slight modifications to the enzyme assay have been introduced by some research centres. At IITA (Rao and Hahn, 1984) the final stage of quantitation of free cyanide using pyridine pyrazolone (Cooke, 1979) has been automated using a Technicon Auto Analyser. This offers an acceleration of the enzyme assay stage, which may, however, be limited by the sample preparation stage. Ikediobi *et al* (1980) suggested the use of picrate to replace the pyridine pyrazolone stage of the enzyme assay. The advantage is the avoidance of use of pyridine. However, the latter method (Cooke, 1979) is at least ten times more sensitive, and more importantly the picrate reaction is very unspecific (Zitnak, 1973) leading to interference by many low molecular weight substances common in plant extracts. Workers at the Central Tuber Crops Research Institute, India (Nambisan and Sundaresan, 1984) have suggested replacing the preparation of cassava extracts in phosphoric acid (Cooke, 1979) with extraction in warm 80 per cent ethanol. This necessitates subsequent evaporation of the ethanol, and only permits assay of the cyanogenic glucosides present rather than all the three types of cyanide described above. This is an important limitation because the free cyanide (especially cyanohydrin) often represents a major component of the total cyanide present in processed cassava (eg Maduagwu and Fafunso, 1980).

3. Effects of Processing on the Cyanide Content of Cassava: Processing of Cassava Pieces

Cassava roots are traditionally processed by a wide range of methods to reduce their toxicity, improve their palatability and convert the perishable fresh roots into stable products. These methods comprise combinations of drying, soaking, boiling and fermentation of the roots. All of these processes decrease the total cyanide content, but the data reported in many earlier studies employed doubtful traditional assay methods, and with limited regard for sampling problems (Cooke and Coursey, 1981).

Preliminary studies in collaboration with IITA (Cooke and Maduagwu, 1978) of the processing of cassava pieces indicated that the residual cyanide concentrations are greater than earlier studies had suggested, and that bound cyanide (cyanogenic glucosides) represents the major component.

Drying chips (mean dimensions 40 mm x 8.2 mm x 6.8 mm) of peeled cassava roots in a forced-air drier showed that about 25% - 30% of the bound cyanide was removed at 47°C and 60°C, whereas faster drying at 80°C or 100°C resulted in only a 10% - 15% decrease in bound cyanide. The corresponding losses of free cyanide were 80% - 85% at the lower temperatures, and over 95% at the higher temperatures (Cooke and Maduagwu, 1978). The non-glucosidic

fraction of the total cyanide present in both fresh roots and chipped peeled roots is usually 10% or less (Cooke, 1978). Consequently the decrease in total cyanide content through air-drying is small. The slower drying rates achieved by sun-drying produce greater losses of bound cyanide consistent with the inverse relationship between drying rate and cyanide loss observed in the air-drying experiments (Cooke and Maduagwu, 1978). Studies at CIAT (Gomez et al, 1984; Gomez and Valdivieso, 1984) have indicated similar behaviour with whole root chips of differing root ages. The cyanide elimination found in these studies is greater than those found with the peeled root chips, probably because the former demonstrate a faster hydrolysis of bound cyanide due to the higher linamarase concentration in the peel (Cooke and Coursey, 1981).

Similarly, both soaking peeled root chips in water at 30°C or cooking in boiling water demonstrated that the free cyanide could be removed relatively easily. The bound cyanide decreases at a much slower rate: 55% of the bound cyanide had been removed after 25 minutes in boiling water (at which time these small chips were thoroughly cooked), whereas a negligible decrease occurred on rapid stirring in cold water after 4 hours (Cooke and Maduagwu, 1978). The bound cyanide only begins to decrease after the onset of fermentation, as indicated by a drop in pH and the disruption of the cassava tissue.

Recent studies in collaboration with the National Biological Institute, Indonesia (Cooke and Basuki, 1985) of the Indonesian fermented cassava food 'tapé ketela' indicated that the cyanide contents are comparable to those found in commercial samples of fresh peeled "sweet" roots. The tapé process involves a yeast/mould fermentation of boiled, peeled roots. The small reduction in total cyanide content relative to the fresh cassava emphasises again the importance of the hydrolysis of the cyanogenic glucosides as a limiting step in total cyanide loss for products based on cassava pieces. Many traditional cassava preparation methods are based on cassava pieces and the need to investigate the chronic toxicity implications of the residual bound cyanide is emphasised by these studies. Other traditional cassava preparation methods are based on disintegrated or homogenized tissues in which the bound cyanide is more rapidly converted to non-glucosidic cyanide. The differences in rates of cyanide loss in this type of product are described below.

4. Effects of Processing on the Cyanide Content of Cassava :

Processing of Disintegrated or Homogenized Tissues

Cassava processing based on disintegrated tissues would be expected to produce much reduced residual levels of cyanide, because of the much greater contact between linamarase and the cyanogenic glucosides which occurs after tissue damage. An extreme example of this is the traditional extraction of cassava starch. This process consists of wetmilling the washed roots, washing the starch from this milled pulp on vibrating trays or in mixing tanks, sedimenting the starch and sun-drying the product. A collaborative research project between the Food Technology Research Centre, CITA, Costa Rica, and TDRl analysed the reduction in cyanide at each stage of this process (Arguedas and Cooke, 1982). The cassava used is usually harvested when the plant is between 8 and 20 months of age, but the root cyanide concentration is similar in this age range (Cooke and De La Cruz, 1982(a)).

More than 80 per cent of the cyanogenic glucoside content is rapidly hydrolysed to free cyanide following tissue disintegration during milling. The highest proportion of the cassava cyanide appears in the wash water (40% - 70%); the freshly sedimenting starch containing about 8% - 14% of the cyanide present in the raw material. This is further reduced by the sedimentation and sun-drying to less than 1 per cent in the starch product. The key step in obtaining these very low residual cyanide concentrations is the initial tissue disintegration in the presence of excess water which permits the rapid hydrolysis of the glucosides. The resulting free cyanide is much easier to remove than bound cyanide (as described in 3.) and the extended mixing in water; soaking with associated fermentation, and slow sun-drying constitute an efficient process for removing this residual cyanide.

This example is extreme in that it is an example of cassava extraction rather than cassava processing. Most cassava processing does not achieve this rapid hydrolysis of the bound cyanide because either the degree of tissue disintegration is considerably less than that encountered in starch extraction, and/or because the reduced amount of water present does not facilitate linamarase action or free cyanide elution as effectively as that described above. Many of the traditional African cassava based foods (Coursey, 1973) are based on soaking of disintegrated cassava tissues with associated fermentation and subsequent cooking and/or drying. Recent results obtained by IITA and other workers using the enzyme assay for cassava cyanide (Maduagwu, 1979; Maduagwu and Fafunso, 1980; IITA, 1982) have indicated that these type of products show an 80% - 95% reduction in total

cyanide content relative to the fresh peeled cassava. Studies of the gari fermentation process (Maduagwu, 1983) suggested that cassava linamarase, rather than enzymes produced by the fermentation microorganisms, is primarily responsible for the glucoside hydrolysis.

The studies of Prof Ermans and his collaborators in Zaire (Delange and Ahluwalifa, 1983) have indicated that despite the considerable reduction in cyanide achieved by traditional fermentation processes, these foods are associated with chronic cyanide toxicity in populations who depend on a poor diet - especially with respect to sulphur containing amino acids and iodine. Consequently, it is pertinent to consider what other factors may limit the reduction of cyanide contents in disintegrated cassava tissues.

The free cyanide produced by hydrolysis of the cyanogenic glucosides is a mixture of cyanohydrin resulting from linamarase action on the glucoside (Conn. 1969) and HCN resulting from chemical or enzymatic (Conn. private communication) hydrolysis of the cyanohydrin. A study (Cooke and De La Cruz, 1982(b)) of disintegrated cassava tissues in water and buffer solutions at different temperatures has indicated that the autolytic conversion of cyanogenic glycosides to free cyanide is rapid at pH's near 6. The subsequent slower conversion of the non-volatile cyanohydrin component to HCN is a key factor in the loss of total cyanide from the tissue homogenates. This is illustrated in Fig. 1 which shows the changes in the ratios of the three types of cyanide in parenchymal homogenates maintained at 37°C at (a) pH 6.3, and at (b) pH 4.8. The homogenates at pH 6.3 lost about 25% of the total cyanide after 4 h, the non-glucosidic cyanide content increased to 55% of the total cyanide content, while the HCN proportion increased to 23%. At pH 4.8 both linamarase activity and cyanohydrin breakdown were depressed (Cooke, 1978) but to differing extents (Fig. 1(b)). Only 20% of the total cyanide was present as free cyanide after 4 h, ie about one-third of that present at pH 6.3, but instead of a proportional total cyanide loss there was a negligible loss. The proportion of HCN after 4 h was 3%, suggesting that the key factor was cyanohydrin breakdown to HCN.

In homogenates maintained at 52°C conversions of bound cyanide to free cyanide and cyanohydrin to HCN were more rapid (Fig. 2), but the total cyanide losses were in agreement with the hypothesis described. Total cyanide losses after 4 h at pH 6 and 5 were 48% and 20% respectively, yet the conversion of total to free cyanide were similar. The relative proportions of HCN were quite different: 70% and 35% emphasizing again the importance of cyanohydrin decomposition to HCN. The importance of cyanohydrin decomposition

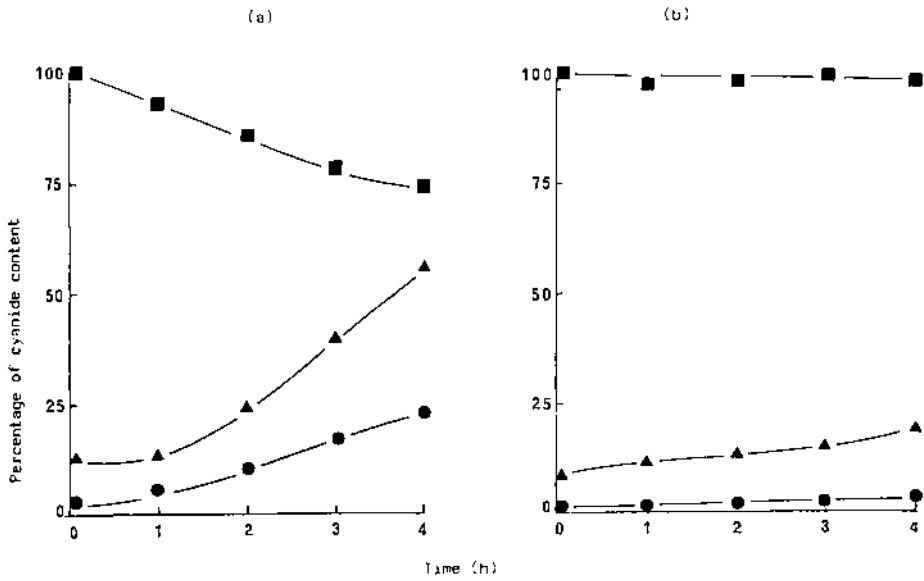


Figure 1

Cyanide stability in root parenchymal tissue homogenates at 37°C: (a) homogenised in water (pH 6.3); (b) homogenised in acetate (0.1 M) buffer pH 4.8. The total cyanide concentration (■) at each interval is expressed as the percentage of the initial total cyanide concentration in the homogenate. The non-glucosidic (free) cyanide concentration (▲) and the hydrogen cyanide (●) concentrations are expressed as percentages of the total cyanide concentrations at each interval. The homogenate pH's did not vary more than 0.1 pH unit during the 4 h period.

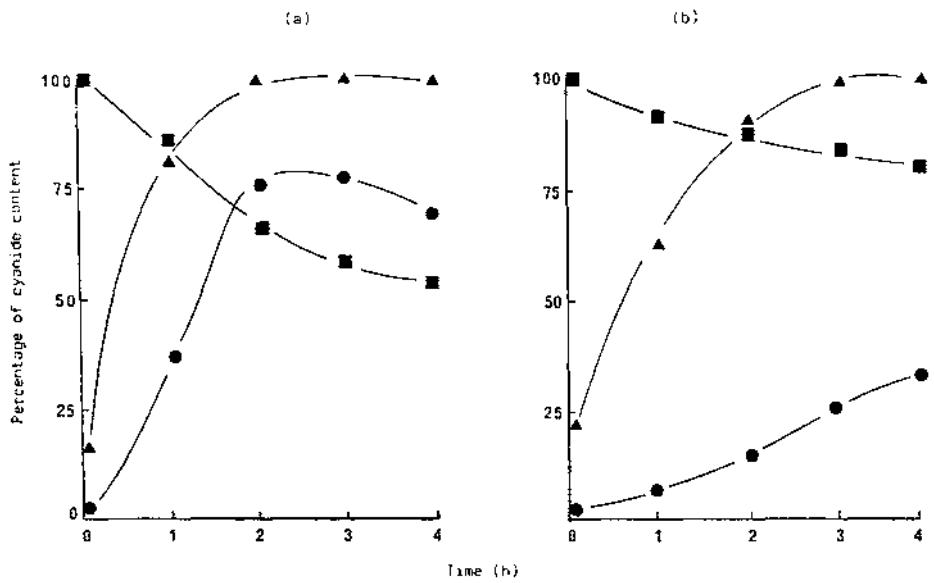


Figure 2

Cyanide stability in root parenchymal tissue homogenates at 52°C: (a) homogenised in water (pH 6.2); (b) homogenised in acetate (0.1 M) buffer pH 5.0. Symbols are as described in Figure 1. The homogenate pH's did not vary more than 0.1 pH unit during the 4 h period.

to cyanide loss is consistent with the similar rates of total cyanide loss from parenchymal, cortex, leaf and whole root homogenates, despite their different linamarase activities (Cooke and De La Cruz, 1982(b)).

The rate of cyanohydrin decomposition to HCN is very pH dependent (Cooke, 19878). Traditional processing methods that involve extensively disintegrated tissues usually undergo lactic acid fermentation (Okafor, 1977) with a consequent decrease in pH to less than 4.0. This hinders total cyanide loss by retarding the rate of cyanohydrin decomposition. This perhaps explains why such products retain considerable residual cyanide.

In conclusion, the key factor determining the rate of cyanide loss during cassava processing based on cassava pieces is likely to be the hydrolysis of the cyanogenic glucosides. In processes based on disintegrated cassava tissues, the conversion of the cyanohydrins to HCN is likely to become limiting. The relative importance of these two steps depends on the proportion of damaged tissue (degree of tissue disintegration) and moisture content ie the linamarase activity on the cyanogenic glucosides; and on the pH of the mixture. The interaction between these two factors is the subject of further research.

5. Cassava Phenolics and the Physiological Deterioration of the Roots

The root tubers of cassava are much more perishable than are the other major root crops. This has been attributed to the fact that unlike the storage organs of other crops they exhibit no dormancy, have no function in propagation and possess no bud primordia from which regrowth can occur (Coursey and Booth, 1977; Passam and Noon, 1977). A collaborative programme between TDRI and CIAT studied different low-cost storage techniques for cassava roots (Booth, 1976). This programme permitted a study of the post harvest deterioration of cassava, which occurs in two separate phases: (i) physiological of primary deterioration often begins within one day of harvest and is characterised by blue or brown discolouration of the vascular bundles of the root tubers ("vascular streaking"); (ii) microbial or secondary deterioration usually occurs later than (i) and involves a wide spectrum of fungi and bacteria, causing a variety of wet and dry rots (Booth, 1976; Rickard and Coursey, 1981).

The TDRI/CIAT programme evaluated a number of methods which would maintain an increased storage humidity, thus "curing" the roots, which eliminates physiological

deterioration (Booth, 1977; Cock, 1985). Similar effects can be achieved by storage in polyethylene bags or cling or shrink films (Thompson and Arango, 1977). These authors also demonstrated the control of spoilage using antimicrobial treatments. CIAT have recently extended this work (CC Wheatley, personal communication) combining fungicide treatment with storage in polythene bags. Pruning the plants several weeks before harvest prevents physiological deterioration (Wheatley *et al.*, 1983), but this causes a reduction in root eating quality and lengthens the cooking time (Cock, 1985).

Recent studies of the physiological deterioration of roots at TDRI indicate that this is due to wound responses comparable to those observed in other plant storage organs. The initial response involves occlusion of the xylem vessels and production of phenolic compounds in the storage parenchyma; carbohydrates, lipids and lignin-like materials were shown to be the major components of the occlusions (Rickard, 1983; Rickard, 1985). Related responses include: increased activity of phenylalanine ammonia lyase, an enzyme associated with phenol biosynthesis; increased activity of peroxidase and polyphenol oxidase; and the consequent formation of phenols/polyphenols including leucoanthocyanidins, catechins, scopoletin and condensed tannins, and often the slower formation of a wound periderm. In cassava, the responses did not remain localised at wound surfaces in roots when held at low storage humidity but spread through the roots causing a discolouration of the vascular tissue and storage parenchyma. Roots stored at high humidity showed a more typical wound response with localised production of phenols and periderm formation (Rickard, 1985).

6. Phenols and Cassava Quality

The studies of the phenolic interactions involved in the physiological deterioration of cassava roots, described in the previous section, led to an appraisal of methods of condensed tannin (proanthocyanidins, ie polymers of flavan-3-ols and flavan 3-4 diols) assay in cassava. Various studies have shown that tannins act as growth depressing factors which decrease protein digestibility (Swain, 1979). A modification of Hagerman and Butler's (1978) protein precipitation method was found to be the most sensitive assay method. The protein precipitation studies gave similar results (Rickard, unpublished results) with dried and chipped commercial cassava samples as with high tannin sorghum. The values were 2 - 10 times higher than those obtained using freeze-dried fresh cassava, suggesting that the post harvest deterioration changes in phenolics (Rickard, 1985) are having an impact under commercial conditions of chip and pellet production.

Early research on cassava roots as a feed for pigs and poultry indicated lower growth rates and feed conversion efficiencies than animals on cereal-based diets, even if the diets were supplemented with proteins (Cock, 1985). More recently (Walker, 1983), methionine supplementation has been found to be important; the usual explanation being its rôle in the detoxification of the cyanide present. However, the phenolics present may also have a nutritional rôle; this is the subject of further research at TDRI since the phenolic spectrum present in cassava products will depend on the post harvest storage and processing procedures employed.

The nature of the phenolics present is likely to have an effect on the flavour and acceptability of cassava based foods. The flavouring constituents of cassava, gari and farinha are the subject of a related research programme at TDRI (Dougan et al, 1983).

REFERENCES

1. ARGUEDAS P. and COOKE R.D. 1982. Residual cyanide concentrations during the extraction of cassava starch. *Journal of Food Technology*, 17, 251-262.
2. BOOTH R.H. 1976. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*). I. Post harvest deterioration and its control. *Exptl. Agric.*, 12, 103-111.
3. BOOTH R.H. 1977. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*). II. Simple storage techniques. *Exptl. Agric.*, 13, 119-128.
4. COCK J.H. 1985. Cassava, a new potential for a neglected crop (IAUS Development Orientated Literature Series). Westview Press, Boulder and London (191 pp).
5. CONN E.E. 1969. Cyanogenic glucosides. *Journal of Agricultural and Food chemistry*. 17 (3), 519-526.
6. COOKE R.D. 1978. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava. *Journal of the science of Food and Agriculture*, 29, 345-352.
7. COOKE R.D. 1979. Enzymatic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products. Cassava Information Centre, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 05EC-6, 14 pp.

8. COOKE R.D. and BASUKI T. 1985. The cyanide content of tapé ketela. *Ann Bogoriense*, in press.
9. COOKE R.D. and COURSEY D.G. 1981. Cassava: a major cyanide containing food crop. In: *Cyanide in Biology* (E. Conn, E.J. KNOWLES, B. VENNESLAND, E. WESTLEY and F. WISSING, eds). Academic Press, New York and London, 93-115.
10. COOKE R.D. and DE LA CRUZ E.M. 1982(a). the changes in cyanide content of cassava tissues during plant development. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33 269-275.
11. COOKE R.D. and DE LA CRUZ E.M. 1982(b). evaluation of enzymatic and autolytic assay for cassava cyanide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
12. COOKE R.D. and MADUAGWU E.N. 1978. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. *Journal of Food Technology*, 13, 299-306.
13. COOKE R.D., HOWLAND A.K. and HAHN S.K. 1978. Screening cassava for low cyanide using an enzymatic assay. *Experimental Agriculture*, 14 (4), 367-372.
14. COURSEY D.G. 1973. Cassava as food: toxicity and Technology. In: *Chronic Cassava Toxicity: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop*, London, England, 29th-30th January, 1973 (B. Nestel and R. MacIntyre, eds.). International development Research Centre, Ottawa, Canada, IDRC-010e, 27-36.
15. COURSEY D.G. and BOOTH R.H. 1977. Post harvest problems of non-grain staples. *Acta Hortic.*, 53, 23-33.
16. DELANGE F. and AHLUWALIA R. 1983. Cassava toxicity and thyroid: research and public health issues. International development Research Centre, Ottawa, Canada, IDRC-207e (148 pp).
17. DOUGAN J., ROBINSON J.M., SUMAR S., HOWARD G.E. and COURSEY D.G. 1983. Some flavouring constituents of cassava and of processed cassava products. *J. Sci. Food Agric.*, 34, 874-884.
18. ERMANS A.M., MBULAMOKO N.M., DELANGE F. and AHLUWALIA R. 1980. Rôle of cassava in the etiology of endemic goitre and cretinism. IDRC-136e (182 pp).
20. GOMEZ G., DE LA CUESTA D., VALDIVIESO M. and KAWANO K. 1980. Contenido de cianuro total y libre en parénquima y cáscara de raíces de diez variedades promisorias de yuca. *Turrialba*, 30, 361-365.

20. GOMEZ G. and VALDIVIESO M. 1984. Effects of sun-drying on a concrete floor and oven-drying on trays on the elimination of cyanide from cassava whole root chips. *Journal of Food Technology*, 19, 703-710.
21. GOMEZ G., VALDIVIESO M., DE LA CUESTA D. and KAWANO K. 1984. Cyanide content in whole-root chips of ten cassava varieties and its reduction by oven-drying or sun-drying on trays. *Journal of Food Technology*, 19, 97-102.
22. HAGERMAN A.E. and BUTLER L.G. 1978. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *J. Agric. Food Chem.* 26 (4), 809-812.
23. IITA. 1982. Ann. Report of the International Institute of Tropical Agriculture, p 106.
24. IKEDIOBI C.O., ONYIA G.O.C. and ELUWAH C.E. 1980. An inexpensive enzymatic assay for total cyanide in cassava and cassava products. *Agric. Biol. Chem.* 44, 2803-2809.
25. MADUAGWU E.N. 1979. Cyanide content of gari. *Toxicology Letter*, 3, 21-24.
26. MADUAGWU E.N. 1983. Differential effects on the cyanogenic glucoside content of fermenting cassava root pulp by B-glucosidase and microbial activities. *Toxicology Letter*, 15, 335-339.
27. MADUAGWU E.N. and FAFUNSO M. 1980. Particle size distribution of HCN in gari, a cassava-based product. *Toxicology Letter*, 7, 171-174.
28. NAMBISAN B. and SUNDARESAN S. 1984. Spectrophotometric determination of cyanoglucosides in cassava. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 67, 641-643.
29. OKAFOR N. 1977. Microorganisms associated with cassava fermentation for gari production. *Journal of Applied Bacteriology*, 42, 279-284.
30. OKE O.L. 1983. Processing and detoxification of cassava. Symposium of the International society for Tropical Root Crops (6th), Lima, 329-336.
31. PASSAM H.C. and NOON R.A. 1977. Deterioration of yams and cassava during storage. *Ann. Appl. Biol.* 85, 436-440.
32. RAO P.V. and HAHN S.K. 1984. An automated enzymic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products. *J. Sci. Food Agric.*, 35 426-436.
33. RICKARD J.E. 1983. The development of occlusions in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root xylem vessels. *Ann. Bot.*, 52, 811-821.

34. RICKARD J.E. 1985. Physiological deterioration of cassava roots. *J. Sci. Food Agric.*, 36, 167-176.
35. RICKARD J.E. and COURSEY D.G. 1981. Cassava storage. Part 1: Storage of fresh cassava roots. *Trop. Sci.* 23, 1-32.
36. SWAIN T. 1974. Tannins and Lignins. In: *Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites* (G.A. Rosenthal and D. Janzen, eds.). Academic Press Inc, New York and London, pp 657-682.
37. THOMPSON A.K. and ARANGO M.L. 1977. Storage and marketing of cassava in plastics films. *Proc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 21, 30-33.
38. WALKER N. 1983. Cereal replacers as alternative sources of energy for pigs. In: *Recent Advances in Animal Nutrition* (W. Haresign, ed.). Butterworths, London, 43-57.
39. WHEATLEY C.C., LOZANO J.C., MARRIOTT J. and SCHWABE W.W. 1983. Preharvest environmental effects on cassava root susceptibility to post-harvest physiological deterioration. Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (6th), Lima, 419-429.
40. ZITNAK A. 1973. Assay methods for hydrocyanic acid in plant tissues and their application in studies of cyanogenic glycosides in *Manihot esculenta*. In: *Chronic Cassava Toxicity: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop*, London, England, 29th-30th January, 1973 (B. Nestel and R. MacIntyre, eds.). International Development Research Centre, Ottawa, Canada, IDRC-010e, 89-96.

EFFECTS OF THE INTRODUCTION OF STORAGE TECHNOLOGY ON THE URBAN FRESH CASSAVA MARKET OF COLOMBIA

*(Effets de l'introduction de la technologie de stockage sur le marché
des produits frais en Colombie)*

C.C. WHEATLEY and W.G. JANSSEN

SUMMARY

The current status and structure of the urban cassava fresh root market in Colombia is summarized, the storage technology to be integrated into this market is described and the estimated benefits of this technology to small farmers and urban consumers are presented. A strategy for initiating commercialization of the storage is proposed.

RESUME

L'usage et la structure du marché du manioc frais en Colombie sont résumés, la technologie de stockage à intégrer à ce marché est décrite et le bénéfice de cette technologie pour les petits fermiers et les consommateurs urbains est présenté.

Une stratégie d'initiation à la commercialisation du stockage est proposée.

INTRODUCTION

Colombia is one of the major Latin American cassava producing countries, with a 1983 production of approximately 2.2 million tons (FAO, 1984). The great majority (68 per cent) of this is destined for consumption in fresh, unprocessed form by farmers and rural and urban populations, with the remainder principally used as an animal feed (fresh roots). Evidence suggests that of the roots produced for human consumption a large proportion, probably about 40 per cent, is not marketed but consumed on farm (CIAT, 1984).

The subsistence farmer relies on cassava to produce moderate, stable yields in often adverse climatic conditions or on marginal land. Cassava also has a very high yield potential in favourable edaphoclimatic conditions, suitable for producing a marketable crop (COCK, 1982). However, at present farmers have little incentive to increase yields or the area under cassava cultivation, and urban consumers are unable to take advantage of cassava's potential as a cheap calorie source, due to the severe marketing problems associated with the fresh root. These problems have become apparent and intensified during the last 30 years, when Colombia, along with other Latin American countries, has been transformed from a rural to an urban society (Table 1). Cassava has been unable to adapt to these changing conditions, unlike potatoes or rice which are now consumed in the major urban centres of country. Cassava has remained a foodstuff consumed principally by rural populations (Table 2). Currently, consumption per capita in the urban centres of Colombia is 16 kg/year, compared with 35 kg/year in rural areas. Furthermore, cassava consumption is declining in the major cities, suggesting that as urbanization continues absolute decreases in the volume of fresh cassava marketed can be expected (JANSSEN and WHEATLEY, 1985). This paper, by analysing in detail the present market structure of cassava in one region of the Colombia, the North Coast, will attempt to demonstrate that cassava's disadvantages are related to the rapid postharvest deterioration of the fresh root, which makes the crop inherently unsuited to efficient urban market conditions. A simple, cheap, medium term (2 weeks) storage technology is described and proposed as a means of eliminating this disadvantage, and a strategy for its adoption is proposed.

THE FRESH CASSAVA MARKET IN THE ATLANTIC COAST REGION OF COLOMBIA

As an example of how rapid postharvest deterioration of cassava can negatively affect the entire fresh root marketing process, from harvest through to final consumption, the results of a 1983 survey carried out in the North Coast region of Colombia, are presented. The survey was conducted by CIAT and the Integrated Rural Development Program of the Colombian Ministry of Agriculture, in relation to a cassava drying project undertaken in this area (CIAT, 1984b).

The fresh cassava market channels responsible for cassava sold in the major cities of the region, Barranquilla and Cartagena, are characterised by high number of intermediaries each handling a small volume of roots. Farmers sell their product to rural intermediaries who transport the roots to urban centres and sell to wholesalers. These then sell the roots directly to retailers, or often to another level of wholesaler who then sells to the retailer. The fragmentation of the marketing process into many traders handling

Table 1 (a). Latin America : Rural, Urban and total population, 1960 and 1981
(Janssen and Wheatley, 1985)

Latin America : Rural, Urban and Total Population, 1960 and 1981.

	Rural Population	Urban Population	Total Population
1960-absolute :	101.611.000	100.142.000	201.753.000
% :	50.4	49.6	100.0
1981-absolute :	114.067.000	235.139.000	349.206.000
% :	32.7	67.3	100.0
% growth :	0.55	4.15	2.65

Table 1 (b). Colombia : Rural, Urban and total population, 1960 and 1981
(Janssen and Wheatley, 1985)

Colombia	Rural Population	Urban Population	Total Population
1960-absolute :	8,957.000	8.256.000	17.213.000
% :	52.0	48.0	100.0
1981-absolute :	5.833.000	20.832.000	26.665.000
% :	21.9	78.1	100.0
% of growth :	1.5	4.5	2.1

Table 2. Consumption of fresh cassava in different Latin American countries ; total urban and rural consumption per head (kg/year)

	Rural	Urban	Total
Bolivia (72)	17.0	5.4	15.3
Brasil (75)	11.2	2.7	6.3
Colombia (70)	35.0	16.5	20.4
Cuba (76)	30.0	12.4	18.8
Dominican Republic (75)	42.3	20.0	33.1
Ecuador (74)	31.0	6.0	19.0
Paraguay (76)	180.0	35.0	110.1
Peru (76)	18.3	5.6	11.0
Venezuela (75)	27.4	5.0	9.8
Total	19.1	5.9	11.4

Year of estimation in parenthesis.

Source : Janssen and Wheatley, 1985.

small volumes of roots (Table 3) is due to the risk inherent in handling an extremely perishable product and the necessity of rapid transport of cassava from rural producers to final consumers. Traders limit the time required to hold the roots by handling small volumes and by buying only what they are certain they can sell. In order to avoid being left with unsold roots, most (71 per cent) or rural intermediaries arrange their daily sales, 40 to 50 sacks containing 50 kg of roots each, before harvesting the cassava. While providing security, this procedure also restricts the volumes traded and hence increases prices. Roots are usually harvested in the morning, transported to the urban market during the afternoon or evening and sold to the wholesalers on the night of the same day. This is essential both because the wholesalers require the roots as soon as possible after harvest and also so that the transporters can avoid deterioration losses, which are minimal during the first day. Transport problems due to mechanical failure or road closure can endanger the entire shipment, however. The risk of deterioration thus dictates the speed at which the roots progress through the marketing chain. Roots are sold to urban retailers in the early hours of the morning following harvest, and are sold to consumers during that day. Wholesalers carry out no selection of the roots, since this would delay the sale to retailers. The margins taken by transporter, wholesaler and retailer are all large, with the retailer charging an enormous 70 per cent over his purchase price. Since the later marketing stages are most vulnerable to deterioration losses, these margins appear as justifiable given the risks involved. The great majority (70 per cent) of wholesalers and retailers said that deterioration was a problem for them. The volumes traded at these points in the chain are very small. Retailers typically sell only 50 kg a day in lots of 1.5 kg each. Roots unsold at the end of the day are commonly sold at a lower price as pigfeed. The retailer will tend to buy only sufficient cassava, or less than sufficient, to cover his expected demand. Thus, supply restriction could be operating here also.

Urban consumers are the group most likely to suffer from the effects of deterioration, coming as they do at the end of the marketing process. Roots will be between 1 and 2 days after harvest at the time of purchase, and deterioration could be visible at or soon after this time. Immediate preparation of the root is thus necessary. Consumers are therefore forced into making small, daily purchases of cassava rather than a more convenient bulk purchase once a week as is possible for potatoes or rice. Cassava is therefore more likely to be bought from expensive local shops than from the cheaper market places. Since the margins on fresh cassava are substantially higher than for potatoes or rice, cassava is a relatively expensive and inconvenient foodstuff in the urban situation. This conclusion was confirmed by a consumer survey, in which urban consumers were asked to rate cassava, potatoes, rice and plantains for several characteristics. The results (Table 4) show that cassava, although perceived as a tasty, easy to prepare food, is widely regarded as

Table 3. Characteristics of the different fresh cassava market agents in the North Coast of Colombia, 1983.

	Rural Traders	Wholesalers	Retailer
Size of purchase (kg)	800	750	68
Size of sale (kg)	750	100	1.55
Kg sold per week	9600	7340	320
No. days buying cassava per week	4.0	5.5	4.7
Number of purchases per week	25	83	211
Purchase price (pesos)	7.9	10.3	14.6
Selling price (pesos)	11.1	14.4	24.7
Margin (pesos)	3.2	4.6	10.1
Margin as % purchase price	41	45	69
% arranging purchase before hand	100	45	19
% selling cassava same day as purchase	19	76	75
% having problems with deterioration	31	70	66

Source, CIAT, 1984b.

Table 4. Responses of rural and urban consumers to different observations on cassava, potato and rice. % of people interviewed in agreement with statement

The most important values are underlined

	Cassava			Potato			Rice		
	Urban	Rural	Mean	Urban	Rural	Mean	Urban	Rural	Mean
1. This products are 'tusty'	70	64	<u>67</u>	77	55	<u>66</u>	57	53	<u>55</u>
2. This products are easy to prepare	73	81	<u>77</u>	66	64	<u>65</u>	66	65	<u>66</u>
3. If these were cheaper I would buy more	38	38	<u>38</u>	50	33	42	31	31	<u>31</u>
4. Buying these products is risky because of their quality	81	71	<u>76</u>	17	9	<u>13</u>	3	3	<u>3</u>
5. These products are bought and consumed on the same day	83	92	<u>88</u>	57	61	<u>59</u>	48	74	<u>61</u>
6. These products are always available	61	75	<u>68</u>	71	78	<u>74</u>	88	94	<u>91</u>
7. These products are cheap at present	25	<u>62</u>	44	50	36	43	16	19	17
8. These products are necessary in meals	<u>48</u>	<u>75</u>	62	65	42	53	77	82	80

Source : CIAT, 1984b.

difficult to store, wasteful and inconvenient compared with the other staples. There is, therefore, an inherent appreciation of the crop, which is frustrated by its poor quality, related to the deterioration problem.

Rural consumers are not affected by deterioration to the same extent as urban consumers : they are closer to the source of supply, both in distance and time, and are less likely to suffer losses or inconvenience as a result. Deterioration therefore is the most likely explanation for the more marked rural-urban consumption differences, of cassava compared to those of other staples (Table 5), and also is the cause of the high prices found in cities as compared with rural areas (Table 6), again contrasting with the situation of the other foodstuffs. In any case, rural consumers can avoid cassava deterioration by delayed harvesting.

A solution to the deterioration problem would remove the major constraint on consumer acceptance of cassava, as well as reducing risk and losses during the marketing process. This should allow cassava to compete on a more advantageous level with other foodstuffs currently increasing in consumption in urban areas at the expense of cassava, as well as allowing a more rational, efficient marketing process to develop.

CASSAVA DETERIORATION AND ROOT STORAGE TECHNOLOGY

The mechanisms of cassava postharvest deterioration have been intensively studied recently, and are now well understood. Recent reviews (RICKARD and COURSEY, 1981 ; WHEATLEY, 1982), conclude that initial loss of acceptability is due to a physiological deterioration (BOOTH, 1976) in which complex phenolic changes, associated with wound reactions and mediated by oxygen (MARRIOTT et al, 1978) terminate in the formation of blue-black leucoanthocyanin pigments (RICKARD, 1982). Subsequently, a secondary microbial deterioration (rotting) can occur (BOOTH, 1976 ; NOON and BOOTH, 1977). Physiological deterioration, which involves enzymic reactions, can be prevented by the exclusion of oxygen, by freezing or by encouraging natural wound healing processes (curing) (BOOTH, 1976). The latter alternative, in which a protective barrier of suberised cells is laid down over damaged areas, thus preventing oxygen entry into the root tissues, is the only practical storage strategy for incorporation into current marketing channels in Colombia. Freezing, paraffin coating or reburial, examples of the other alternatives, are all either too expensive, involve use of technology or are irrelevant to the marketing situation. Roots cure when stored for four to five days at a temperature in excess of 30°C and a relative humidity of 85 per cent or more. BOOTH (1976) described a system of packing roots into wooden boxes along with a moistened packing material (coir

Table 5. Consumption of various carbohydrate sources in the
North Coast Region of Colombia (kg/capita)

	CASSAVA	POTATO	PLANTAIN	YAM	RICE
<u>A. By place of consumption</u>					
Metropolitan capitals	30.5	36.6	64.4	30.5	69.4
Regional capitals	53.5	35.0	76.6	30.8	71.4
Rural areas	82.9	24.2	67.8	41.9	66.9
On-farm consumers	170.4	8.9	79.0	85.7	68.7
<u>B. By income group</u>					
High income	54.3	40.5	86.7	42.3	67.7
Medium income	54.3	25.8	76.5	40.2	70.5
Medium/low income	59.5	35.0	61.0	34.4	62.6
Low income	54.5	22.7	59.9	31.2	72.0

Source : CIAT, 1984b

Table 6. Price (Col. \$/kg) of cassava and other products in the North Cost of Colombia, 1983.

	Cassava	Potato	Plantain	Yam
Metropolitan Capital	39.5	29.8	24.0	39.1
Regional Capitals	23.5	29.6	16.0	33.6
Rural Areas	23.2	29.6	21.6	29.7

Source : CIAT, 1984b.

dust, sawdust, etc.). Although roots cure under these conditions and the system is used for some high value export markets, it is too costly and unsuited to the large volumes required in the urban under discussion.

The most promising system is that of packing roots into polyethylene bags (OUDIT, 1976 ; LOZANO et al., 1978) in which storage times in excess of two weeks have been achieved. The great advantages of this system are its simplicity and the low transport and labour requirements. However, the humid environment of the bag favours the development of microbial deterioration (especially of fungal origin). Therefore, a fungicide pre-treatment of the roots has to be included before packing to ensure that both physiological and microbial problems are prevented. Recently, work at CIAT (CIAT, 1982, 1983, 1984a) has shown that such a system using the fungicide thiabendazole (Mertect, a product with minimal toxicity problems (CIAT, 1984a) can give excellent storage of roots for a two week post harvest period with non-significant changes in quality. This method has been field tested on-farm and in a number of Colombian cassava production regions with excellent results (Table 7). Consumer acceptance studies demonstrate that stored and fresh roots of the same cultivar are indistinguishable in taste, texture and other characteristics, although a sweet taste may develop when stored in excess of two weeks (CIAT, 1985). The treatment and bag together cost US\$0.02 per kilogram of roots.

The field tests have identified several important factors necessary for the success of storage ; namely that roots should be treated and packed within a few (2-3 hrs) of harvest ; that damage should be minimised (some root selection is advisable) and that storage conditions should allow some ventilation if the ambient temperatures are in excess of 30°C. The two week storage time made practical by this system is more than sufficient to accommodate both the marketing requirements (2-3 days) and consumer storage at home (7 days). Longer storage times are not necessary, given the weekly shopping frequency of most consumers and the stable cassava system should allow the urban cassava fresh market to overcome the constraints operating currently. The possible effects of this are discussed in the next section.

THE EFFECTS OF STORAGE TECHNOLOGY ADOPTION

A whole range of benefits can be expected to flow from the adoption of the storage technology described above. Marketing losses, and risks of losses will be much reduced, and hence the marketing margin should fall. In addition, an increase in cassava demand is envisaged due to the convenience of storable cassava. JANSSEN and WHEATLEY (1985) have estimated the likely range of price changes in Colombia as a result of storage introduction (Table 8). These show that the reduction in marketing margin from US\$0.35 to US\$0.23

Table 7. Results of storage experimennts in different regions of Colombia

<u>Region</u>	% acceptable roots after :			
	<u>One week storage</u>		<u>Two week storage</u>	
	+ Mertect	- Mertect	+ Mertect	- Mertect
Valle del Cauca (on-farm)	98	83	98	61
North Cost (on-farm)	99	92	95	77
Eastern Plains	100	73	97	18
Santander (on-farm)	99	<u>1/</u>	94	-
Popayan	70	92	64	86

1/ Control bags completely rotted.

Table 8. Effect of successful cassava-deterioration research in Colombia^{1/}

		Price elasticity of supply 0.5	Price elasticity of supply 1.0	
		Margin decreases to 0.18	Margin decreases to 0.23	Margin decreases to 0.18 0.23
A. Expected benefits : (million US \$/year)				
Willingness to pay (WNP) :	0	18.99	10.74	19.17 10.84
	+ 10%	<u>27.42</u>	<u>18.89</u>	<u>27.99</u> <u>19.17</u>
	+ 20%	36.35	27.42	37.31 27.99
consumer benefits = 59.7%		consumer benefits = 74.8%		
producer benefits = 40.3%		producer benefits = 25.2%		
B. Projected consumption per capita (present consumption = 10 kg)				
(WNP)	+ 0	11.29	10.76	11.60 10.94
	+ 10%	<u>11.82</u>	<u>11.29</u>	<u>12.26</u> <u>11.60</u>
	+ 20%	12.35	11.82	12.93 12.26
C. Projected prices at reatail level, WNP (present retail price = US\$0.47)				
(WNP)	+ 0	0.40	0.43	0.38 0.42
	+ 10%	<u>0.42</u>	<u>0.45</u>	<u>0.39</u> <u>0.43</u>
	+ 20%	0.44	0.47	0.41 0.44
D. Projected prices at farm level. (present farm price = US\$ 0.17)				
(WNP)	+ 0	0.22	0.20	0.20 0.19
	+ 10%	<u>0.24</u>	<u>0.22</u>	<u>0.21</u> <u>0.20</u>
	+ 20%	0.26	0.24	0.23 0.21

^{1/} Most reasonably to be expected values are underlined.

^{2/} US\$.

Source : Janssen and Wheatley, 1985

per kilogram of roots (i.e. to the margin of potato plus treatment costs) would produce a fall in the consumer price of US\$0.02/kg and an increase in the farm gate price of US\$0.05/kg.

Consumers will obtain the advantages of a more convenient product of a more constant quality and with less waste than before, and this together with the favorable price changes, should produce an increase in per capita urban consumption of cassava. Contrary to conventional wisdom, cassava consumption will respond positively to price changes: the price elasticity has been estimated at -0.88 from a survey of 25,000 households made by DANE-DRI in Colombia (SANINT et al., 1984). Thus, consumption should increase by 2.4 kg year capita. The marketing process, removed from the constraints now operating on it, can become more efficient, with individual traders handling larger volumes, at lower margins than previously. A more streamlined, cost-conscious marketing system should allow any production improvements (lower costs per ton, higher yields, etc.) to fully benefit both farmer and consumer, rather than resulting in farm gate price collapses as at present. With this newfound stability, farmers will have an extra incentive to adopt yield improving production technology.

A STRATEGY FOR CASSAVA TECHNOLOGY ADOPTION

Storable cassava is a novel product, which neither consumers nor traders will have experience of handling. In order to achieve the adoption of storage into the present marketing structure of cassava a procedure permitting consumers, traders and retailers to observe and sample the new product before committing themselves to make purchases will be necessary. Ideally, a strategy involving farmers, traders, retailers and consumers which progresses gradually from experiments, through market trials towards commercial use would provide opportunities for this, as well as for feedback on quality aspects during the increase in volumes treated. With the necessity of integrating consumers, intermediaries and farmers closely in order that each group is made aware of the advantages realised by the others, the following strategy is proposed for achieving the adoption of cassava storage technology.

1.- Project area : The area in which commercial use of cassava storage is sought should contain both a large urban centre where fresh cassava consumption is established, if declining, associated with an area producing high quality cassava for the fresh market. The urban centre should be large enough for deterioration losses to be significant (i.e. a market margins should be sufficient to bear the cost of the treatment).

2.- Preliminary surveys : an understanding of the cassava production areas, the fresh market structure and consumer consumption habits is essential before initiating storage trials, and will also serve as a baseline study for latter impact evaluation.

3.- Initial on-farm storage trials : storage technology should first be tested on farm, in order to identify and resolve any problems associated with the particular production area or cassava cultivars before proceeding to marketing trials.

4.- Consumer evaluation : roots stored in the on-farm trials should be evaluated by consumer groups (panels) in selected "barrios" of the urban centre, in order to assess consumer reaction (with feedback to the on-farm trials) and to make consumers aware of the advantages of stored roots.

5.- Marketing trials : cassava roots should be transported through actual commercial marketing channels, and evaluate by traders and retailers, with feedback to the farmer as necessary.

6.- Commercialization : commercial trading and sale of stored cassava will start using interested traders and retailers operating in the "barrios" where consumer panels are located (i.e. where consumer awareness exists). With time, volumes of roots traded and areas of city covers should expand.

7.- Publicity : once general sale of stored roots is envisaged, a publicity campaign should be initiated using all available media, in order to make the general consumer aware of the "new", storable cassava now being marketed.

8.- Impact evaluation : after a suitable period of time during which the volumes of stored roots being traded have been increasing, a new series of production, marketing and consumer surveys will permit the impact of the adoption of storage technology to be evaluated.

One further important aspect is the organization of the root treatment operations. Given that these must be completed within three hours of harvest, the involvement of farmers is inevitable. Either traders must treat and pack roots at the time of harvest on the farmer's land, where at present traders carry out the harvesting, or farmers will themselves handle these operations, delivering packed roots to the traders. Various issues are raised by this, such as the availability of credit to farmers and the formation of farmer organizations (associations or cooperatives). At this stage it is impossible to describe the optimal arrangement, which should become aparent during the initial marketing trials and may vary from region to region. However, as a result of the storage technology, the market channels should become less fragmented and more efficient and farmer involvement in marketing should increase.

The strategy presented here for storage technology adoption involves all stages of marketing from farmer to consumer, and requires an integrated operation including storage specialists, economists, nutritionists and even advertising experts. Given the unique nature of the crop and its post-harvest behaviour this relatively complex approach is required and justified by the dramatic benefits which should accrue to all groups involved.

REFERENCES

- BOOTH, R.H. 1976. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*)
I. Post-harvest deterioration and its control. Experimental Agriculture, vol. 12, pp. 103-111.
- BOOTH, R.H. 1977. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*).
II. Simple storage techniques. Experimental Agriculture vol. 13 pp. 119-128.
- CIAT (1982), Annual Report, CIAT. Cali, Colombia.
- CIAT (1983), Annual Report, CIAT. Cali, Colombia.
- CIAT (1984a), Annual Report, CIAT. Cali, Colombia.
- CIAT (1984b), Proyecto Cooperativo DRI/ACDI-CIAT. Plan piloto para el desarrollo agroindustrial del cultivo de la yuca en algunos Departamentos de la Costa Atlantica de Colombia, Tercer Informe Ed. R. Best. CIAT, Cali, Colombia 126 p.
- COCK, J.H. 1982. Cassava, a basic energy source in the tropics. Science. Vol. 218 pp. 755-762.
- JANSSEN, W.G. and WHEATLEY, C.C. 1985. Urban cassava markets : the impact of fresh root storage. Food Policy August 1985.
- LOZANO, J.C., COCK, J.H and CASTANO, J. 1978. New advances in cassava storage, in T. Breckelbaum, A. Bellotti and J.C. Lozano (eds). Proceedings of the cassava protection workshop CIAT, Cali, Colombia pp. 135-142.
- MARRIOTT, J.C, BEAN, B.O. and PERKINS, S. 1978. The aetiology of vascular deterioration in cassava roots after harvesting : association with water loss from wounds. Physiologia Plantarum vol. 44 pp. 38-42.
- NOON, R.A. and BOOTH, R.H. 1977. Nature of post harvest deterioration of Cassava roots. Transactions of the British Mycological Society. Vol. 69, pp. 287-290.
- ODUIT, D.D. 1976. Polyethylene bags keep cassava tubers fresh for several weeks at ambient temperature. Journal of the Agricultural Society, Trinidad and Tobago, vol.76 pp. 63-66.

- RICHARD, J.E. and COURSEY, D.G. 1981. Cassava storage. Part I. Fresh cassava storage. Tropical Science vol. 23 (1) p. 1-32.
- SANINT, L.R., RIVAS, L., DUQUE, M.C. and SERE, C. 1984. Food consumption patterns in Colombia : a cross sectional analysis of the DANE-DRI 1981 household survey In
- Trends in CIAT commodities. Internal document. Economics 1.9. April 1984 CIAT, Cali, Colombia.
- WHEATLEY, C.C. 1982. Studies on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root post harvest physiological deterioration. Ph. D. Thesis, London University, pp. 245.

THE EFFECTIVENESS OF STORAGE OF CASSAVA ROOTS IN MOIST MEDIA

(Efficacité du stockage de tubercule de manioc en milieu humide)

Lynda D. WICKHAM

The University of the West Indies
St. Augustine, Trinidad, W.I.

SUMMARY

The effectiveness of storage of 3 cultivars of cassava roots in moist media is reported. Consideration is given to the type of media used, the incidence of rotting and vascular streaking, the physical condition and the cooking quality of the tubers after storage. Physical and physiological changes during storage are discussed.

RESUME

L'efficacité du stockage de 2 "cultivars" de tubercules de manioc en milieu humide a été étudiée. Sont pris en considération, le type de milieu utilisé, l'incidence de la pourriture et des stries vasculaires, les paramètres physiques et la qualité à la cuisson des tubercules après stockage. Les changements physiques et physiologiques durant le stockage sont discutés et des conditions optimales de stockage recommandées.

INTRODUCTION

The utilization of cassava roots in the fresh state is severely restricted by the development of vascular streaking, a physiological disorder characterised by discolouration of the vascular system, within one to seven days after harvest. Two types of deterioration have been identified in the cassava (BOOTH, 1976). The first, termed primary deterioration, has been recognised as a physiological disorder (MONTALDO, 1973 ; BOOTH, 1976 ; NOON and BOOTH, 1977) and the second, secondary deterioration, has been recognised as being due to pathogenic invasion (BOOTH, 1976). It has been

noted also that both types of deterioration need to be controlled if storage methods are to be effective. During the years, several methods have been developed to prevent the development of this disorder. The most important factor being the restriction of the loss of moisture as soon after harvest as possible (MARRIOTT, BEEN and PERKINS, 1974 ; BOOTH, 1977).

For the utilization of the cassava root in the fresh form as a boiled vegetable however, the prevention of vascular streaking is not the only consideration. The cooking quality of the roots is very important. Loss in quality in the form of changes in texture of the cooked root is known to occur in cassava. Instead of cooking to a mealy, floury or soft texture as in characteristic of the particular cultivar, the root boils to a hard crunchy consistency and is unpalatable. Such roots can only be used to produce various processed products for consumption.

The objective of this study was to examine the effectiveness of storage of cassava roots for fresh consumption under moist conditions with respect to post harvest deterioration, general appearance of the roots and cooking quality after storage.

MATERIALS AND METHODS

Three locally important cultivars, White Stick, Maracas Black Stick and MCol22 were used. Roots were selected for use as soon as they were deemed of good eating quality and only roots with minimal physical damage were used. Large broken roots were trimmed with a clean cut before storage. Roots were harvested and stored, washed or unwashed, in lined cardboard boxes in contact with moist sawdust, red sand, a fine sand used as building material and readily available, or a red sand and sawdust mixture. Roots were also stored in boxes with a polyethylene overlay covering the roots to restrict the amount of contact between the medium and the roots. The respective medium was then placed over the sheet of polyethylene. Roots were either washed in water alone before storage or washed in water followed by a 5 minute dip in a solution of sodium hypochlorite, 1 per cent benlate or 1 per cent dithane M45.

The medium was kept moist by sprinkling with a fine spray of water once the external layers appeared to be drying out. The moisture content of the sand used was 20 per cent, the sawdust 80 per cent and the sand and sawdust mixture 50 per cent. Tubers were examined weekly for the development of vascular streaking during storage and also for the development of discolouration 1 week after removal from the moist medium and return to ambient conditions. Stored tubers were also checked weekly for cooking quality and general physical appearance. Roots from the crop left in the field were harvested and sampled at intervals to assess cooking quality.

Treatment was done with three batches of roots of each cultivar and each batch consisted of 10 boxes, each containing 15 roots.

RESULTS

All media used were effective in preventing the development of vascular streaking provided that roots were placed in the moist storage environment within 8 hours of harvest and adequate provision was made to prevent moisture loss from the roots prior to storage.

The incidence of fungal and bacterial infections was extremely variable in roots which were simply washed and stored or stored without washing. The quantity of spoiled tubers varied from 0 per cent to 100 per cent in some batches. The inclusion of a fungal dip or treatment with sodium hypochlorite improved the storage ability of the roots as a result of the reduction in the incidence of soft rots, but there was also a great deal of variability with these treatments. The pattern was the same for different media used.

After removal from storage under moist conditions roots developed vascular streaking within one week during the early storage period. However, the intensity of the discolouration one week after removal was reduced with increasing storage time and eventually vascular streaking did not develop in roots of White Stick on removal to ambient conditions after they had been stored for 11 weeks. There was no vascular streaking in MCol22 and Maracas Black Stick after storage for 13 and 14 weeks respectively. Generally, new soft rots did not develop on roots which had been stored longer than two weeks if the storage environment remained fairly undisturbed and if there were no rotting tubers in close proximity.

Physical appearance of roots

Callus eruptions appeared on the surface of stored roots as early as 2 days after placing under moist conditions. Generally early callus development was greater in roots of White Stick and Maracas Blackstick than in MCol22. Areas of exposed starch storage tissue were cured by the end of the first week.

Production of small adventitious roots followed the development of callus in all three cultivars. These roots were concentrated towards the distal end of the root, and developed as long as the medium was kept moist. In Maracas Black Stick some roots grew to in excess of 60 cm within 4 weeks.

After 4 weeks storage there was pronounced callus development at the distal end in roots of all three cultivars and in White Stick there was evidence of retranslocation of reserves in 10 per cent of the stored roots. This was seen as polar growth on the side and distal end of the roots. By six weeks storage secondary adventitious roots in White Stick began accumulating storage material as daughter storage roots developed. Development of secondary storage roots in MCol22 and Maracas Black Stick began after 7 and 7 weeks respectively. In roots which did not have profuse secondary adventitious root growth, retranslocation of stored material evidenced by growth at the distal end, was more marked.

Marked development of fibrous, lignified tissue also occurred at the distal end accompanying secondary storage root development. There was also the development of a spongy appearance and large cavities in the storage tissue of some roots during storage. This often was more evident after removal from the moist medium and leaving at ambient for 1 week.

Generally the external physical appearance of the stored roots deteriorated with prolonged storage under moist conditions. Root and callus growth as well as discolouration from contact with the moist storage medium contributed to this.

Cooking quality of roots during storage

Roots of all cultivars maintained excellent cooking quality for the first 6 week of storage. After 6 weeks storage portions of some roots of White Stick did not cook to the normal texture and by 11 weeks after storage about 75 per cent of tubers were not cooking to a desirable texture either wholly or in part. Roots of MCol22 began to show poor cooking characteristics after 8 weeks storage and those of Maracas Black Stick after 9 weeks. Loss of cooking characteristics was generally first evident in a small percentage (less than 10 per cent) of stored roots towards the head end and near the central vascular bundle. Loss in cooking quality progressed slowly so that by 12 weeks after harvest about 50 per cent of roots of Maracas Black Stick and MCol22 still had good cooking quality. Roots which were left in the field were still cooking after 17 weeks.

DISCUSSION

The results indicated that the different media used for storing cassava were equally effective in preventing vascular streaking development. However, prolonged contact with the moist medium resulted in discolouration of the external surface and contributed to loss in quality. The results also indicate that, as had been already established

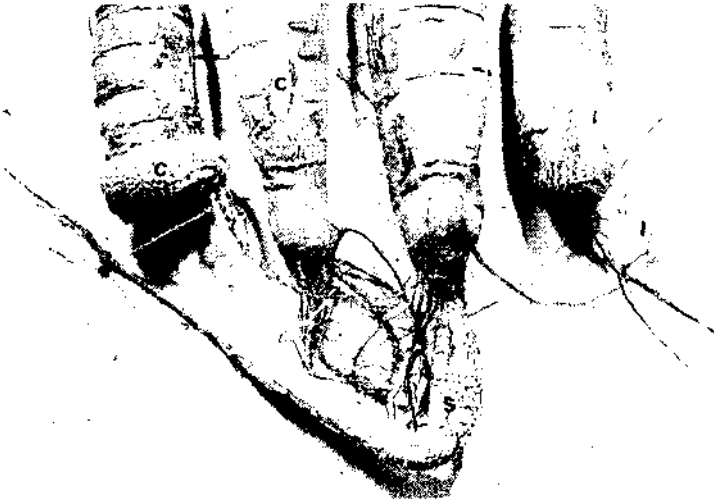


Photo 1 : Cassava roots stored in moist medium for 13 weeks showing callus tissue development on the surface, root growth at distal end, and secondary storage root development

c : callus tissue
r : roots developed in storage
s : secondary storage root

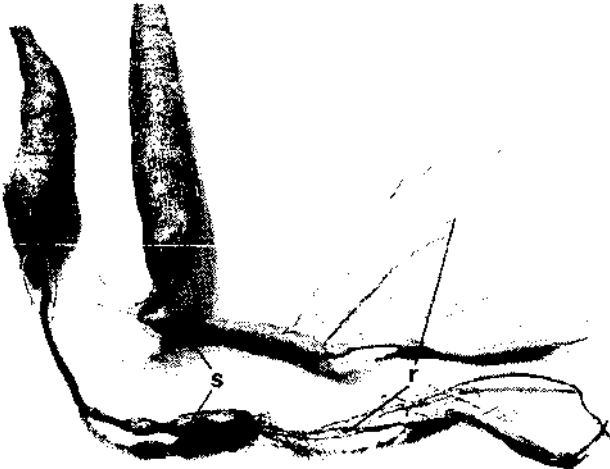


Photo 2 : Cassava roots stored for 15 weeks showing root growth at distal end and the development of secondary storage roots during storage

(BOOTH, 1976), postharvest deterioration in cassava has a pathological component and therefore storage under moist conditions, although effective for the prevention of the development of vascular streaking, is only successful when adequate measures are taken to control post-harvest pathological invasion.

Although it was found that vascular streaking did not develop on removal of stored roots to ambient conditions after several weeks storage, the stage at which this occurred also coincided with rapid moisture loss and the time of reduced cooking quality of the roots. Thus the prospect of short term storage of roots under controlled conditions followed by storage under normal tropical ambient conditions is not feasible for fresh utilization of cassava roots. Additionally, the loss in cooking quality observed in stored roots was found to occur before that in roots left unharvested in the field. For this reason too, the long term storage of roots under moist conditions is contra-indicated. The time of harvest of the roots for storage probably has some effect on the length of time of retention of good cooking quality but this necessitates further investigation. The development of callus tissue, secondary adventitious roots and finally daughter storage roots occurred with prolonged storage of the roots. This detracted from the physical quality of the roots and from this aspect alone, long term storage under moist conditions is undesirable. Roots also became fibrous as a result of secondary thickening at the distal end. Additionally, such roots also lost their cooking quality making long term storage under moist conditions ineffective for the fresh utilization of the roots.

The cassava root is an organ of storage and not propagation and from all appearances, never produces a shoot under normal conditions. The root, probably, plays some role in regrowth of the vegetative parts of the plant after a period of adverse environmental conditions such as a period of drought. The stored carbohydrate probably acts as both an energy source and a source of building blocks for metabolic and physiological activity which result in bud development and elongation. This capacity to act as a retranslocation organ or source apparently becomes operative after prolonged storage under moist conditions. The high humidity encourages root and callus development and stored material is transferred from the mother root into developed adventitious roots and they in turn become daughter or secondary storage roots.

The similarity between this development and the production of daughter tubers in the potato (*Solanum tuberosum*) and the yam (*Dioscorea* spp.) is noteworthy especially since the potato and yam are both organs of propagation as well as storage and can be used to generate new plants. In the yam tuber under special circumstances e.g. prolonged storage as a result of gibberellic acid treatment, without exposure to a moist environment, daughter tubers develop, without exposure to a moist environment, daughter tubers develop (WICKHAM, PASSAM and WILSON, 1984). It is clear, in the

present case, that the institution of the shoot is not a requirement for the development of storage organs. It appears that the presence of a carbohydrate source, in this case the storage root, the physiological mechanism necessary for the transfer of metabolites, and an organ with sink capacity is all that is required in this case.

These physical changes, reflecting metabolic and physiological activity, no doubt contributed to the loss of cooking quality of the stored roots. The fact that roots of White Stick, the cultivar in which the changes occurred first, showed loss of cooking quality before roots of MCol22 and Maracas Black Stick, in which secondary storage root formation and secondary thickening occurred later, supports this. It is evident therefore that removal of roots from the field for storage under the conditions discussed here is a disadvantage with respect to retention of cooking quality when compared to leaving roots unharvested since unharvested, stored roots maintain their cooking quality for a longer time. It is possible that prevailing environmental conditions and manipulation of harvest time may affect these results and so further investigations are warranted in this area.

The effectiveness of moist media storage of cassava roots is reduced with increasing length of storage time for the reasons already discussed. In the light of this, any measure that would result in the decreased metabolic activity of the stored roots and reduce root and callus formation should improve the effectiveness of moist storage. Perhaps the use of growth regulators either pre- or post- harvest may hold some potential for increasing the effectiveness of this storage practice.

LITERATURE CITED

- BOOTH, R.H. 1976. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*).
 1. Post-harvest deterioration and its control. Expl. Agric. 12 : 103-111.
- BOOTH, R.H. 1977. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*).
 2. Simple storage techniques. Expl. Agric. 13 : 119-128.
- MARRIOTT, J., BEEN, B.O. and PERKINS, C. 1974. Storage of fresh cassava roots in moist coir dust. Proc. Caribbean Food Crop Soc. 12th Annual Meeting, Jamaica, 1974. 12 : 79-82.
- MONTALDO, A. 1973. Vascular streaking of cassava roots. Trop. Sc. 15 (1) : 39-45.
- NOON, R.A. and BOOTH, R.H. 1977. Nature of post-harvest deterioration of cassava roots. Trans. Br. Mycol. Soc. 69 (2) 287-290.
- WICKHAM, L.D., PASSAM, H.C. and WILSON, L.A. 1984. Dormancy responses to post-harvest application of growth regulators in *Dioscorea* species. 2. Dormancy responses in ware tubers of *D. alata* and *D. esculenta*. J. Agric. Sc. Camb. 102 : 432-436.

COMPORTEMENT DU MANIOC EN DEBUT DE CYCLE EN FONCTION DE LA DUREE DE STOCKAGE DE LA BOUTURE

*(Storage effects of planting material on the behavior
of cassava in the early stage of growth)*

J.P. RAFFAILLAC, G. NEDELEC

Laboratoire d'Agronomie

ORSTOM-ADIOPODOUME

BP. V-51

ABIDJAN (COTE D'IVOIRE)

RESUME

Une étude de l'effet de la durée du stockage des bois de manioc (variété CB) avant plantation sur la reprise de croissance des boutures est conduite pour trois cycles de culture sur le sol sableux en basse Côte d'Ivoire. Les traitements sont constitués de boutures dont l'origine est connue, issues de tiges fraîches et stockées horizontalement 1,2 ou 3 mois suivant le cycle cultural. Le stockage permet à la bouture une reprise de croissance plus rapide, exprimée par une vitesse plus grande dans l'apparition des feuilles, une sortie d'un plus grand nombre de racines basales. Les plants obtenus à partir des boutures de tiges stockées gardent jusqu'à trois mois et demi une supériorité dans le niveau de croissance de la partie aérienne et des jeunes racines tubérisées.

SUMMARY

A study of the effects of the duration of storage cassava wood (variety C B) before planting, on the striking of the slips, has been carried out of three cycles of culture on sandy land in the lower part of Ivory Coast. The treatments have consisted in slips which origin was known, coming from fresh stems and stored for 1, 2, 3 months according to the cultural cycle. Storage allowed the slip to grow quicker;

leaves appeared sooner, there were more stems per plant and more basal roots. The shoots obtained from the slips of stored stems have kept their superiority till three months and a half in the growth level of the upper part of the young tuberous roots.

INTRODUCTION

L'utilisation immédiate des tiges de manioc de parcelles récoltées à certaines époques de l'année comme matériel de plantation pour un nouveau cycle n'est pas toujours possible : c'est le cas lors des périodes de sécheresse prolongée ou à grands risques d'excès d'eau ; leur stockage devient alors nécessaire. Plusieurs méthodes pour garder à ces bois le maximum de pouvoir de germination sont décrites à travers la bibliographie (WEBER E.J. et al., 1980).

En Côte d'Ivoire, la production de manioc qui est d'environ 1,2 millions de tonnes est assurée dans sa quasi-totalité par des petits planteurs qui utilisent très peu de moyens techniques. Le stockage se rencontre fréquemment, les tiges sont généralement laissées en bordure de champ, horizontalement ou verticalement, sous ombrage, pendant plusieurs semaines.

La plupart des travaux qui ont porté sur cette technique se sont surtout attachés à suivre ses effets sur le taux de reprise des boutures et le rendement final (LEIHNER D.E., 1984 ; OGBUEHI S.N., 1981) ; mais peu de résultats sont disponibles sur le système racinaire en début de cycle (PINHO J.L.N. et al, 1983). Le système racinaire constitue cependant les sites de mise en réserve des hydrates de carbone élaborés tout au long de la vie de la plante et sa mise en place reste une étape essentielle dans l'élaboration du rendement et de ses composantes. Cette note présente les résultats de trois expérimentations sur l'installation de l'enracinement et des parties aériennes après implantation de boutures issues de tiges fraîches et stockées horizontalement 1, 2 et 3 mois.

MATERIELS ET METHODES

1. A partir d'une même parcelle âgée de 20 mois à la première coupe (02-1984), les traitements suivants sont constitués par des durées de stockage différentes pour 4 lots de tiges :

Date de la Coupe :	02-1984	03-1984	04-1984	05-1984
<u>Tiges fraîches</u>	-	03.0	04.0	05.0
Tiges stockées 1 mois =	02.1	03.1	04.1	-
Tiges stockées 2 mois =	02.2	03.2	-	-
Tiges stockées 3 mois =	02.3	-	-	-

Seules les tiges principales (variété CB à floraison tardive) issues directement de la bouture du plant-mère sont retenues dans l'étude. Les parties jeunes à partir de la première ramification issue de la floraison sont éliminées. Le stockage est réalisé horizontalement, sous ombrage, un à deux traitements (parathion + thirame) sont effectués suivant la durée.

Trois expérimentations mettent en comparaison les traitements suivants :

Expérimentations	Date d'implantation	Traitements comparés
-1 = CYCLE 1	03-1984	03.0 et 02.1
-2 = CYCLE 2	04-1984	04.0, 03.1 et 02.2
-3 = CYCLE 3	05-1984	05.0, 04.1, 03.2 et 02.3

Les conditions climatiques au cours des trois cycles sont indiquées dans la figure 1.

A partir de chaque lot de tiges affectées aux différents traitements, sont constituées des boutures de 20 centimètres dont la position sur la tige-mère est repérée : B : côté "Base" de la tige après élimination des premiers centimètres (2 par tige), A, côté "Apex" de la tige (2 par tige) après élimination des parties peu lignifiées (tiges fraîches) ou desséchées (tiges stockées).

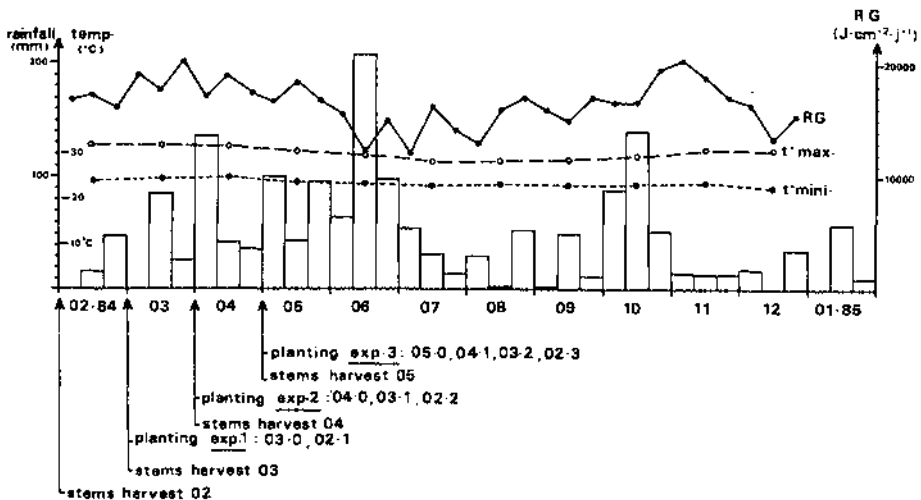


Fig.1 : Rainfall, radiation (RG) per decade and monthly temperatures during the experiments

Les boutures sont enfoncées obliquement au 2/3 dans le sol. L'écartement entre plants est 1,2 x 1,2 mètre, les parcelles contiennent 100 plants, sans répétition.

Aucune fertilisation n'est apportée au cours du cycle de 11 mois. Le désherbage manuel est fait selon les besoins.

2. Certains résultats obtenus au cours d'une expérimentation sous serre en pots comparant le dynamique racinaire de boutures fraîches et stockées 43 jours sont également présentés.

Les contrôles

La teneur en matière sèche de chaque traitement pour les trois cycles est évaluée sur dix boutures. Les teneurs en éléments minéraux sont relevées chaque mois.

Sur chaque traitement des 3 expérimentations, les contrôles portent en début de cycle sur :

- le nombre de feuilles par tige et le nombre de tiges par plant (sur la totalité de la parcelle),
- le poids sec des parties aériennes et des racines tubérisées (10 plants par prélèvement - 3 prélèvements par traitement).

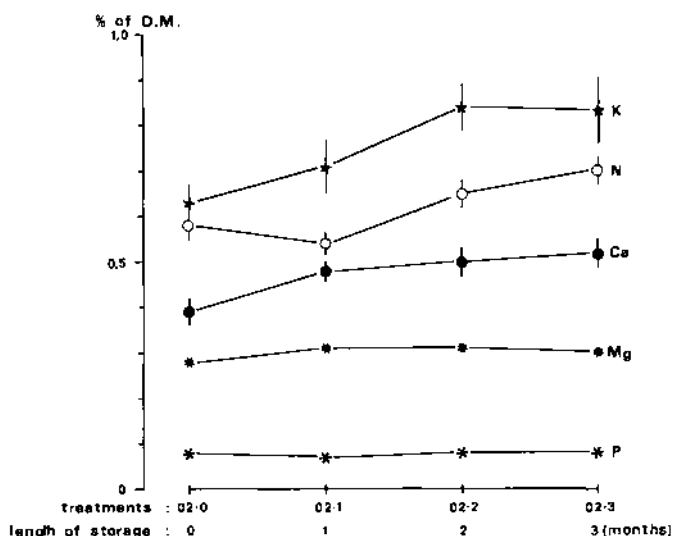


Fig.2 : Concentration of N, P, K, Ca and Mg in cuttings from fresh and stored stems

Dans l'expérimentation sous serre, c'est l'évolution en nombre et en poids sec des racines au cours du premier mois qui est rapportée.

RESULTATS

Au cours du stockage sur 2 et 3 mois, certains bourgeons se sont développés pour donner des tigelles au stade 3-5 feuilles vers le sommet et parfois vers la base de la tige. Ces parties sont éliminées pour la constitution des boutures pour les essais. Le stockage de 3 mois a induit un dessèchement total de 10 à 20 centimètres côté apex et de 2-4 centimètres côté base des tiges du lot 02.3. Les pertes constituent en moyenne 15 pour cent en poids frais à ce stade de stockage.

Les caractéristiques moyennes d'une bouture pour chaque traitement des 3 cycles sont présentées dans le tableau 1. Une bouture issue du lot 02.0 pèse en moyenne 103 grammes, à 9 noeuds et un taux de matière sèche de 34,2 pour cent.

Pour l'ensemble de la parcelle et toutes catégories de boutures (Base ou Apex) confondues, chaque traitement mis en comparaison pour les trois cycles présente des différences au niveau de l'état hydrique du matériel végétal d'implantation. Le nombre de noeuds rend compte de la relative homogénéité des boutures à l'origine. Le taux de reprise pour chacun des traitements a toujours été 100 pour cent, le choix des boutures ayant été rigoureux.

L'évolution de la composition minérale des boutures constituées à partir des tiges du lot coupé en février après différentes périodes de stockage est indiquée dans la figure 2. On observe une concentration en éléments N, K et Ca pour un stockage prolongé de la tige.

Le nombre de tiges principales émises par plant est fixé dès le premier mois, il reste le même pour toute la durée de la culture. Le tableau 2 regroupe pour les 3 cycles les résultats obtenus sur les boutures stockées ou fraîches suivant leur situation d'origine sur la tige.

D'une manière générale, au sein d'un même traitement, quelle que soit la durée du stockage, la bouture originaire de la base de la tige (B) donne un plant avec un nombre de tiges plus grand que celle issue du sommet de la tige (A). Ces différences ne sont pas toujours significatives.

Pour chacun des 3 cycles, le stockage des tiges permet aux boutures, quelle que soit l'origine, le développement d'un plus grand nombre de tiges principales.

Le stockage permet aux tiges émises sur les boutures de se développer plus rapidement en début de cycle. Les observations faites sur la tige la plus développée de chaque

TABLEAU 1 : Caractéristiques moyennes des boutures à l'implantation pour les 3 cycles

Nature des boutures	fraîches	stockées 1 mois	stockées 2 mois	stockées 3 mois
<u>Cycle 1</u>	03.0	02.1		
Poids frais (g) (*)	117 a	96 b	-	-
Nombre de noeuds (*)	11,3 a	9,9 a		
% de M.S. (**)	34,3% a	37,7% a		
<u>Cycle 2</u>	04.0	03.1	02.2	
Poids frais (g)	105 a	91 b	87 b	
Nombre de noeuds	11,5 a	10,6 a	9,1 a	
% de M.S.	32,4% a	40,6% b	40,4% b	
<u>Cycle 3</u>	05.0	04.1	03.2	02.3
Poids frais (g)	98 a	94 a	79 b	74 b
Nombre de noeuds	9,1 a	11,5 a	11,0 a	10,0 a
% de M.S.	30,8% a	38,3% b	47,0% c	45,2% c

(*) = mesure sur 100 boutures
 (**) = mesure sur 10 boutures
 a, b, ... = sur chaque ligne, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes pour $p = 0,05$ (ppds).

TABLEAU 2 : Nombre de tiges principales par plant selon l'origine et la durée de stockage de la bouture. (Observations à 1,5 mois sur 32 plants par traitement).

Boutures	fraîches		stockées 1 mois		stockées 2 mois		stockées 3 mois	
Origine	Base	Apex	Base	Apex	Base	Apex	Base	Apex
<u>CYCLE 1</u>	(03.0)		(02.1)					
	3,1 b	2,5 b	3,8 a	2,9 b				
<u>CYCLE 2</u>	(04.0)		(0.31)		(02.2)			
	2,7 b	2,0 c	3,7 a	3,1 a	3,4 a	2,4 bc		
<u>CYCLE 3</u>	(05.0)		(04.1)		(03.2)		(02.3)	
	2,1 b	1,7 c	2,5 ab	1,7 bc	2,9 a	2,6 a	3,0 a	2,5 a

a,b... les valeurs sur la ligne suivies d'une même lettre ne sont pas différentes significativement pour $p=0,05$. (ppds)

plant sont valables pour l'ensemble des tiges du plant ; cependant, la variabilité plus grande au sein d'un même traitement entraîne des différences non significatives.

Nombre et poids des racines : la figure 3a) montre l'évolution du nombre total d'axes primaire des racines issus directement de la bouture. Le stockage permet aux boutures d'acquérir un nombre plus grand de racines à deux mois, les différences entre traitements étant moindre 4 mois après plantation.

Le tableau 3 montre les différences de croissance d'une tige moyenne par plant au cours des 4 premiers mois pour 3 dates de prélèvement. L'effet positif des boutures stockées sur le poids sec est significatif pour le prélèvement avant le deuxième mois du cycle dans les 3 expérimentations.

Récolte : Elle s'est faite individuellement sur 24 plants utiles par traitement et la grande hétérogénéité provoquée par des attaques de bactériose vers 5 mois à des niveaux très divers entre plants ne permet pas une comparaison valable des traitements par cycle. En moyenne, les cycles 1, 2 et 3 ont produit par plant respectivement 4 385, 5 440 et 5 955 grammes de tubercules frais (à 29,4 pour cent en moyenne de M.S. à 105°C) avec 9,2, 8,0 et 8,6 tubercules utiles (poids frais supérieur à 200 grammes).

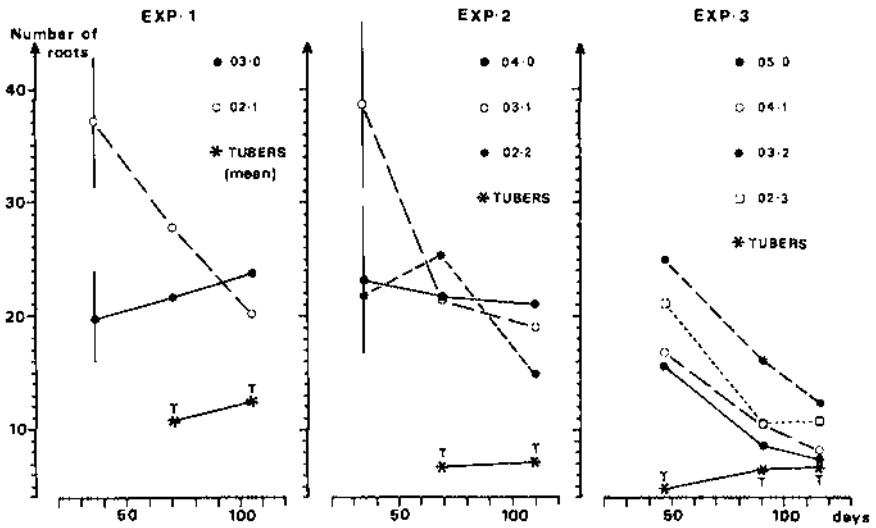


Fig.3a :Total number of roots and tubers per plant for each treatments in the three experiments

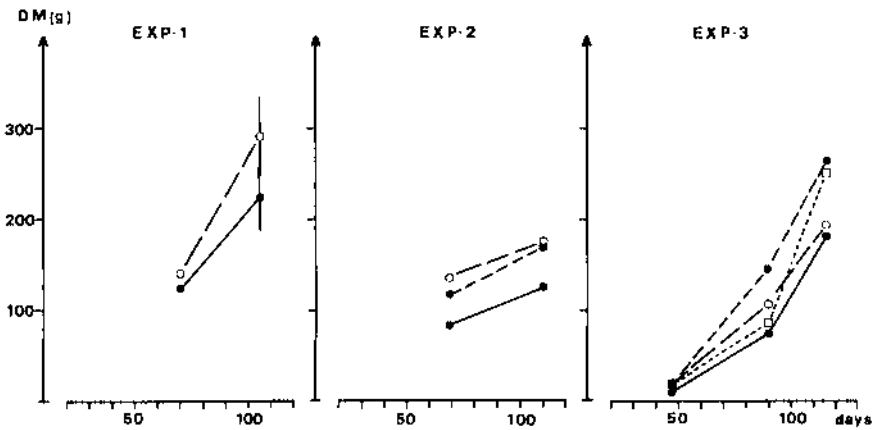


Fig.3b : Dry matter production of tuberos roots (Ø > 10 mm) in the early stage of growth

TABLÉAU 3 : Poids sec en grammes d'une tige moyenne
(feuilles + tige) par plant selon le stockage

	bouture fraîche	bouture stockée 1 mois	bouture stockée 2 mois	bouture stockée 3 mois
<u>CYCLE 1</u>	03.0	02.1		
J = 34	13,98 a	22,95 b		
J = 70	143,71 a	163,76 a		
J = 105	238,91 a	247,00 a		
<u>CYCLE 2</u>	04.0	03.1	02.2	
J = 36	6,54 a	13,44 b	10,33 ab	
J = 69	81,42 a	125,84 a	89,67 a	
J = 110	135,06 a	222,92 a	177,26 a	
<u>CYCLE 3</u>	05.0	04.1	03.2	02.3
J = 47	8,31 a	15,53 ab	21,39 b	12,00 ab
J = 90	99,32 a	106,89 a	106,51 a	90,16 a
J = 116	274,50 a	372,35 a	288,37 a	280,52 a

a,b.. = les valeurs sur chaque ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles pour $p = 0,05$ (ppds).

J = nombre de jours après plantation.

DISCUSSION

Le stockage prolongé jusqu'à 3 mois a diminué de 15 pour cent la quantité de boutures pouvant être constituées à partir des tiges principales par suite du dessèchement des extrémités. Cette perte en matériel de plantation constitue vraisemblablement un minimum grâce à l'emploi de traitements chimiques au cours du stockage dans le but de préserver la viabilité des tiges.

Au cours du stockage de la tige, deux phénomènes modifient la qualité de la bouture qui sera constituée :

1. La teneur en matière sèche augmente (Tableau 1).
2. Les teneurs en azote, potassium et calcium augmentent (figure 2).

La perte maximale de 28 pour cent (eau + matière sèche) au cours des 3 mois de stockage du lot 02 ne modifie pas le taux de reprise de la bouture.

Dans notre cas, le stockage 1, 2 et 3 mois améliore la vigueur de la jeune plante en favorisant la sortie d'un plus grand nombre de tiges sur la bouture, l'émission des feuilles de chaque tige étant plus rapide dans les premières semaines de la plantation (tableau 2).

Les résultats confirment la supériorité des plants issus de boutures stockées 1 et 2 mois en début de cycle. Dans le cas de l'expérimentation 3, le stockage des tiges pendant 3 mois ne favorise plus la croissance de la tige. Cependant ce traitement garde une supériorité vis-à-vis des boutures fraîches si l'on considère le poids total de matière sèche élaborée : poids sec moyen d'une tige x nombre de tiges par plant.

Le stockage des tiges permet à la bouture d'établir plus rapidement un nombre supérieur de racines en début de croissance. PINHO (1983) indique également une augmentation du poids de racines grâce au stockage. Là encore, cette technique qui favorise l'enracinement est intéressante pour le jeune plant qui prospectera plus rapidement et plus complètement le profil du sol. Cet effet du stockage du matériel de plantation sur la dynamique racinaire se retrouve chez l'ananas (RAFFAILLAC, 1981).

Si le système racinaire est modifié en début de cycle par le stockage, en nombre et en rapidité d'installation, augmentant ainsi le nombre de sites potentiels pour la mise en réserve des produits hydrocarbonés, le remplissage effectif des racines à 4 mois n'est pas modifié en nombre. On observe seule une supériorité en poids sec des réserves (figure 3 b).

Finalement, le rendement obtenu à 11 mois pour chaque traitement semble le même dans les 3 cycles. Le stockage modifie le comportement du plant en début de cycle, créant une structure de peuplement différente, sans répercussion sur la production dans les conditions de notre expérimentation. L'augmentation de la composante "nombre de sites potentiels" de remplissage créée en début de cycle par le stockage du matériel de plantation n'a pas été valorisée. Des facteurs limitants sont donc probablement intervenus en cours de cycle. Une nouvelle expérimentation devrait en premier lieu porter sur la densité de plantation : on sait en effet que le nombre de tubercules par plant augmente lorsque la densité de plantation diminue (RAFFAILLAC et al., 1984). L'emploi d'un même écartement entre boutures issues de tiges fraîches et stockées dans nos expérimentations a pu masquer les effets sur le rendement dans la mesure où la concurrence entre plants au sein de la parcelle n'était pas de même nature.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAUSSAT R. et BIGOT C., 1980.- La multiplication végétative des plantes supérieures. Paris, Bordas éd., 277p.
- LEIHNER D.E., 1984.- The production of planting material in cassava : some agronomic implications. In : Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6th, Lima, 1983. Proceedings. Lima, International Potato Center CIP, pp. 247-255.
- OGBUEHI S.N., 1981.- A preliminary study on preplant cassava stem storage on tuber yield. J. of root crops, 7, 1-2, 65-66.
- PINHO J.L.N. de, TAVORA F.J.A.F., MELO F.I.O., QUEIROZ G.M. de, 1983.- (Storage of cassava stem cuttings in Ceara, Brazil). Abstract 0390 - 21483, in Abstracts on Cassava, CIAT, CALI, Colombia, Vol. 10, 3, 1984.
- RAFFAILLAC J.P., 1980.- Conséquences de la durée de stockage des cayeux sur la croissance, le développement et le rendement de plants d'ananas. Fruits, 35, 11, 675-683.
- RAFFAILLAC J.P., NEDELEC G., 1984.- Comportement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, variété CB) pour différentes densités de plantation. Doc. ORSTOM multigr., Centre d'Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, 15 p.
- WEBER E.J., TORO M., J.C., GRAHAM M., 1980.- Cassava cultural practices : proceedings of a workshop held in Salvador, Bahia, Brazil, 18-21 March 1980. Ottawa, Ont., IDRC. 152 p.

USE OF THE UNSTABLE ISOTOPE CARBON-11 FOR THE STUDY OF CARBON FIXATION TRANSPORT AND ALLOCATION IN ROOT AND TUBER CROP

*Utilisation de l'isotope instable Carbone-11 pour l'Etude
de la Fixation du Transport et de Préparation du Carbone
chez les Plantes à Tubercule*

S.J. KAYS, J.D. GOESCHL
C.E. MAGNUSON, Y. FARES

University of Georgia, Athens, GA 30602 and Biosystems Research Group,
Texas A & M University, College Station, TX 77843, U.S.A.

SUMMARY

The short-life isotope, ^{11}C , offers two extremely important advantages in the study of root and tuber crops. It emits a form of radiation (gamma rays) which can be measured quantitatively and nondestructively in intact plants and it decay quickly to background levels allowing the experiment to be conducted repeatedly on the same plant or group of plants.

We describe both the methodology utilized with ^{11}C and the actual fixation, transport and allocation of photosynthetic carbon in the sweet potato, *Ipomea batatas*. We monitored net carbon dioxide exchange; absolute photosynthesis; photosynthate pool sizes, turnover and storage rates, photosynthate export rate and direction, concentration and velocity of translocates throughout the plant; and source sink relationship through time. This information was used to develop strategies for genetically enhancing the productivity of the sweet potato and other root and tuber crops.

RESUME

L'isotope ^{11}C à courte vie offre deux avantages extrêmement importants pour l'étude des cultures de tubercule. Il émet des rayons gamma mesurables sans que l'on sacrifie la plante et revient rapidement à des niveaux normaux, l'expérience pouvant ainsi être répétée sur la même plante.

La méthodologie utilisée, la fixation, le transport et la distribution effective du carbone chez la patate *Ipomea batatas* sont décrits. On a suivi l'échange net de CO_2 ; la photosynthèse absolue; la dimension, les taux de rotation et de stockage des pools photosynthétiques; la direction et le taux d'exportation des produits photosyn-

thétisés, la concentration et la rapidité des translocations à travers la plante; et les relations source-puits au cours du temps. Cette information a été utilisée pour élaborer des stratégies de renforcement génétique de la productivité de la patate et d'autres plantes à tubercule.

Plant breeding methods have evolved through a series of stages over the past 100 years to meet our needs for increased productivity. In the past, selection decisions were made largely upon final yield and the general resistance to insects and diseases. For many crop plants, however, we have reached a point where yield increases are becoming substantially more difficult to achieve. As a consequence, it has become increasingly essential for breeders to understand the many physiological and morphological interrelationships that collectively impart high yield in their respective crops. This, however, requires expertise well beyond the scope of genetics and plant breeding. Because of this, breeding is becoming more and more a team approach where physiologists, food scientists, entomologists, and pathologists work together with the breeders and molecular geneticists to develop new, higher yielding cultivars.

Plant growth is controlled by a number of complex, integrated biophysiological and biochemical processes. From kinetic studies of enzymatic control in biochemical pathways has evolved the concept of "rate limiting steps". A rate limiting step represents the slowest single reaction in a series of reactions and a consequence is the major factor controlling the final rate at which the entire series of reactions can proceed. Thus, if we envision an extreme hypothetical case of a plant that has a single rate limiting step; e.g. the rate of chlorophyll synthesis in a low chlorophyll mutant, then genetically eliminating this step should result in a significant yield increase. In those cases where a single step significantly limits final yield, our success in genetically circumventing the problem is generally very good. More commonly, however, there are multiple steps that limit yield and our potential for success decreases exponentially with the number of improved steps that must be incorporated into the new line. For example, in a series of reactions where the rate is indicated by the width of the arrow (Figure 1a), increasing the rate of reaction r_1 when the differential in rate between r_1 and r_2 is very small will result in an equally small increase in yield under ideal conditions. Likewise, when there are essentially equally rates for multiple steps ($r_1=r_5=r_7=r_{12}=r_{14}$) (i.e. colimiting steps) in a series of integrated reactions (Figure 1b), the improvement in only one step will not result in an increase in yield. If one has exceptional luck and is able to incorporate simultaneous improvements in each step, a large yield increase may be realized. However, if we improve 5 of the 6 steps and use final yield as our selection criteria, the progeny is going to be discarded.

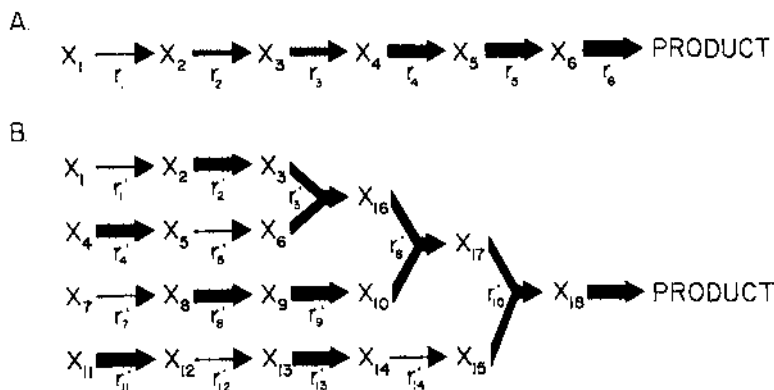


Figure 1. Schematic presentation of (A) a series of reactions and (B) an integrated series of reactions where the rate of each reaction (r) is characterized by the width of the arrow (narrow = slow, wide = rapid).

As a consequence ascertaining which step or steps are rate limiting is an essential requisite for systematically improving the species. Researchers have approached the problem by measuring general processes (e.g. photosynthate transport or a specific component of transport) and/or by trying to identify critical individual biochemical reactions. Even with identification of a target trait or traits, one must have a sufficiently precise selection criteria for monitoring improvement. This will allow the progressive incorporation of the desired traits even though their individual incorporation may not be seen in the short run as a yield increase at harvest.

Our understanding of the basic physiology of many of the tropical root and tuber crops has lagged behind that of the major temperate zone annual domesticates. There are several reasons for this. First and perhaps one of most important is funding. Most of our crops are of either very minor or of no importance in the agriculture of the northern temperate zone where much of the funding for agricultural research originates. Typically, the amount of money allocated for research on sweet potatoes, cassava, yams, or the tropical aroids is only a minute fraction of that devoted for either maize or soybeans. When assessed relative to the very limited support for research on root and tuber crops, we have, in many cases, made quite remarkable progress.

Secondly, root and tuber crops, endemic to the tropics and subtropics, display survival and reproductive strategies that are distinct from most annual domesticates of the

temperate zones. Root and tuber crops store accrued carbon in specialized fleshy organs and it is evident from the net carbon allocation patterns in these plants at harvest, that the interrelationship between the aboveground plant parts and their root system is distinctly different from other domesticates. For example, the fleshy subterranean sinks for photosynthate in root and tuber crops are generally highly plastic in total volume and length of time for deposition of carbon, in contrast to domesticates such as cereals. Hence, advances in our basic understanding of the physiology of the major temperate zone domesticates often do not translate into comparable advances in understanding of root and tuber crops.

Finally, many of the tropical root and tuber crops have involved asexual reproduction strategies which have impeded genetic manipulation of the crop. For example, the sweet potato, (*Ipomoea batatas*), is an autohexaploid with high levels of incompatibility and genetic instability. Likewise, several of the aroids do not flower readily, greatly decreasing the number of generations that can be produced in a given time period.

In addition to specific problems confronted in the improvement of tropical root and tuber crops, our ability to identify and study rate limiting steps in all crop plants has been impeded by lack of research and inadequate research tools. Technological advances often open the door for a rapid increase in our understanding of how plants function. One such recent advance has been the utilization of the short-lived isotope of carbon, ^{11}C especially when coupled with steady state labeling⁶.

Short-lived isotopes such as ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , and ^{18}F , once the exclusive domain of physicists and chemists, are now being increasingly utilized to understand the complex, integrated biophysical and biochemical processes in man, animals and plants. In the past two decades short-lived isotopes have found their way into the biological sciences (including preclinical and clinical research and diagnosis in medicine). Collectively these isotopes are characterized by their short half-lives, ranging from 2.5 to 110 minutes, and their energy emission upon decay. Although they must be produced adjacent to where they will be used, they provide a number of extremely powerful advantages for research.

^{11}C , like the other short-lived isotopes has two principal advantages : 1) it emits a form of radiation which can be measured quantitatively and nondestructively in live, intact plants, animals or humans; and 2) it decays quickly to background levels allowing the experiment to be conducted repeatedly on the same subject and as a consequence does not pose significant health or disposal problems. ^{11}C has a tremendous advantage over the more stable isotope of carbon, ^{14}C , in that it decays by positron-emission, followed by a nuclear annihilation reaction, emitting two 0.5 million volt V-rays which leave the decay site at 180° orientation

to another. This unique property has allowed the development and utilization of two very powerful research tools: 1) coincidence counting; and 2) positron-emission tomographic imaging. These two techniques afford the researcher the ultimate goal in any biological study, simultaneous collection of qualitative and quantitative information on the dynamics of a physiological process in a living system.

To illustrate the potential for the use of ^{11}C in the study of root and tuber crops, we describe recent work⁵ by our research group characterizing the fixation, transport, and allocation of carbon in the sweet potato.

METHODS AND MATERIALS

The research was conducted at the Duke University Phytotron due to the availability of a 4 MeV Van de Graaff accelerator in the nearby ($\sim 100\text{m}$) in the Physics Department Nuclear Laboratory. Although the research we describe is on the sweet potato, it could be just as readily conducted on cassava, yams, or any of the many other root and tuber crops grown around the world.

Plants for the study were grown under controlled environment conditions in the Phytotron. The precise geometry of the plant (node number from the base and node length; petiole length and position; and leaf blade length and width) was ascertained several days before each run. This allowed precise positioning of detectors and knowledge of their exact location from the source leaf.

Isotope Production and On-line Chemistry: A continuous flow of ^{11}C was produced by bombarding a stream of $^{12}\text{CO}_2$ in a specially constructed target chamber with a ^3He beam⁶ (Figure 1a). The nuclear reaction¹ was $^{12}\text{C} (^3\text{He}, ^4\text{He}) ^{11}\text{C}$ with the ^3He beam produced using a 4 MeV Van de Graaff accelerator. This provided a continuous stream of $^{12}\text{CO}_2$, $^{11}\text{CO}_2$, ^{11}CO and ^{12}CO which flowed through a Teflon capillary line from the accelerator to the Phytotron where the labeling experiments were conducted.

To increase and control the specific activity of the carbon dioxide, it was essential to remove the $^{12}\text{CO}_2$ and $^{11}\text{CO}_2$ present in the stream of gases. This was accomplished by passing the gases through an Ascarite column which removed CO_2 but not CO . The CO_2 free air was then passed through a heated column of CuO (600°C), which oxidized the ^{11}CO and $^{12}\text{CO}_2$ to $^{11}\text{CO}_2$ and $^{12}\text{CO}_2$ (Figure 1b). This resulted in approximately a 1000 fold increase in specific activity over the original gas mixture from the target chamber. The gases were then passed through a dew point analyzer to determine the moisture content, an infra-red CO_2 analyzer to determine total CO_2 concentration and a curvette equipped with a $^-$ ray detector to determine the specific activity of the gas mixture (Figure 1c). The flow rate and CO_2 concentration were adjusted with CO_2 free air or air with supplemental CO_2 ²⁰.

Application of $^{11}\text{CO}_2$ to the plant. The $^{11}\text{CO}_2$ containing air and CO_2 appropriate concentration ($375 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$) (tested by bypassing the leaf chamber to the infrared CO_2 analyzer), before passing through a curvette-detector arrangement to monitor the specific activity of the gas ("In Monitor"). The air with $^{11}\text{CO}_2$ then moved into a specially constructed clear plastic Lexan^R leaf chamber with a water jacket on the top and bottom of the leaf (Figures 1d and 2). The chamber was constructed of a 2-mm thick closed-pore neoprene gasket on each water jacket. The gas was passed over the upper surface of the leaf (20 cm^2), exiting the opposite end, then entered the lower chamber passing over the lower surface of the leaf. The exiting gas then moved through a second curvette-detector ("Out Monitor") where the remaining $^{11}\text{CO}_2$ was measured. The $^{11}\text{CO}_2$ could then be determined by subtracting the radioactivity of the "Out Monitor" from the "In Monitor" and correcting for decay and detector sensitivity. The gas subsequently flowed through a second infra-red CO_2 analyzer and dew point analyzer before passing on to a delay line and vent (Figure 1c).

Figure 2. Schematic presentation of the system used for steady-state production of ^{11}C and measurement of its introduction into and transport within a sweet potato plant. (A) ^{11}C is produced by bombarding a stream of $^{12}\text{CO}_2$ in a specially constructed target chamber with a beam of ^3He from a Van de Graaff accelerator (4 Mev.) (B) The carbon products of the reaction, $^{11}\text{CO}_2$, ^{11}CO , $^{12}\text{CO}_2$, ^{12}CO , are transported to an on-line chemistry station within the Phytron. Carbon dioxide is removed from the air stream using a shielded ascarite column. The remaining carbon monoxide (^{11}CO and ^{12}CO) is oxidized by passing the gas through a CuO column at 600°C . (C) The air containing $^{11}\text{CO}_2$ is monitored for flow rate, moisture, CO_2 concentration and specific activity (In Monitor). Air with additional CO_2 or without CO_2 is added at a 4-way valve to maintain the CO_2 concentration at $375 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$. (D) The air containing $^{11}\text{CO}_2$ enters a leaf chamber (see Figure 2), passing over the upper surface of the leaf then over the lower surface. It then moves to an "Out Monitor" (C) to determine the change in radioactivity, and a CO_2 analyzer and dew point meter before passing into a delay line and vent. The plants (D) had detectors (denoted as D_1 -g) at various positions on, above, and below the treated leaf. Illustrated is the precise position of each leaf and lateral branch from the base of a representative plant, and the length of the individual petioles and leaf blades. (E) Electrical signals from the various detectors and other monitoring equipment were fed into a nuclear instrument electronic module for signal processing, then to a computer automated measurement and control unit for quantification and finally to a HP micro-computer for data processing and storage (after Kays et al.⁵.)

Positioned below the leaf chamber was a single γ -ray detector to monitor the build-up of activity within the labelled leaf (Figure 2). The "Line", "In Monitor", "Out Monitor" and "Leaf" detectors were lead shielded to prevent excitation by other sources of radiation.

Additional detectors were positioned on the plant's main stem at various intervals from the treated leaf to monitor the movement of labelled photosynthates throughout the plant (Figure 1d). These detectors were positioned as pairs on each side of the main stem to allow coincidence counting. Because the energy level of the emitted γ -rays was sufficiently high to excite any unshielded detectors in the room, interference by peripheral radiation was eliminated by time-coincidence counting. Since 2 γ -rays are emitted from a single positron at an 180° orientation from one another, the paired detectors were electronically required to "see" both γ -rays simultaneously. This allowed precise localization of the source (decaying ^{11}C) and minimization of undesired background. The geometry of the paired detectors and the stem was therefore critical. This was standardized using specially constructed styra-foam fittings. Generally, 5 pairs of detectors in addition to the single detectors previously mentioned were used; one on the petiole of the treated leaf, one on the main stem above the treated leaf and three on the main stem below the treated leaf (Figure 1d). One additional shielded detector was placed on the media surface over the developing storage roots.

The detectors consisted of either NE 102 (singles detectors) or CsF (coincidence detectors) optically coupled to photomultiplier tubes.²⁰ Each detector or set of paired detectors were calibrated prior to and after each run using a specially configured γ -ray source (^{22}Na).

Signal Processing and Counting. Signals from the detectors were processed using a standard nuclear instrumentation electronics moduler (NIM) and counted with a computer automated measurement and control system (CAMAC) (Figure 1e). Modules in the CAMAC also received signals from the CO_2 infra-red analyzers, dew point analyzers and flow meters. The CAMAC was interfaced with a Hewlett Packer 9845B (option 250) microcomputer with 186K byte memory. This allowed CRT graphic display of the experimental data in real time as the experiment progressed and direct screen copies using a thermal printer. Raw data inputs were displayed every 60 sec on the CRT during the course of the experiment. The specialized software for data handling and manipulation was developed by one of the authors (C.E.M.). Additional details on signal processing and counting have been published previously⁶.

Data Manipulation and Parameters Measured. Due to the high energy of emitted γ -rays and the short half-life

of ^{11}C (20.4 min), a number of computations must be made during the processing of raw data. These include corrections for background, induced background, calibration sensitivity of each detector or pair of detectors, geometry of the detectors, relative specific activity ($^{11}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$) and decay of ^{11}C during transit. In addition, data inputs were made for plant geometry, detector location on the plant, leaf chamber area and flow rate which were utilized in several specific computations. All raw data were processed using a smoothing routine to minimize random data spikes⁷.

We measured the following characteristics of the carbon acquisition, transport and allocation system within the sweet potato.

a. <u>Leaf Parameters</u>	<u>Units of Measurement</u>
1. net rate of ^{11}C assimilation	$\text{nCi cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$
2. rate of export of ^{11}C photosynthate from the leaf	$\text{nCi cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$
3. rate of storage of ^{11}C photosynthate in the leaf	$\text{nCi cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$
4. turnover time of the export pool	min
5. percent export	%
6. steady-state ^{11}C activity of the export pool $\bar{Y}$ /	nCi cm^{-2}
b. <u>Transport Parameters</u>	<u>Units of Measurement</u>
1. speed of photosynthate transport throught the plant	cm min^{-1}
2. mean transit time to various sites in the plant	min
3. average steady-state activity at the various sites	$\text{nCi cm}^{-1}(\text{stem})\text{cm}^{-2}$

In order to obtain both time dependent and steady-state information, we used an extended square wave of radioactivity which gave a leading edge, a steady-state portion, and a tailing edge once labeling was discontinued. Carbon allocation within the leaf was treated as a 2 compartment system where activity from the storage compartment is lost only by isotope decay and activity in the export department is lost both by decay and export^{2/} (i.e. replaced by ^{12}C in a steady-state turnover of carbon). Parameters such as carbon exchange rates, relative pool sizes, turnover rate, and export rate were calculated through the analysis of the leaf radioactivity loss curve after cessation of steady-state labeling. For a detailed description of the theoretical assumptions and mathematics used to analyze steady-state and time dependent curves of the isotope within the leaf, see Fares, et al.²

The net storage rate was determined from the amount of ^{14}C remaining in the leaf after cessation of labeling (corrected for half-life, background and induced background). The export component was calculated from the slope of the washout curve which was an exponential function.² The total rate of assimilation was the composite of the storage rate and the export rate. Export turnover time was determined from the steady-state activity level in the export pool and the rate of export of label from the export pool.

Transport speeds between various positions on the plant were calculated from the arrival time of the ^{14}C front at each pair of detectors minus the arrival time at the nearest upstream detectors and the distance (cm) between the respective pairs of detectors on the stem. Arrival time was determined by using an expanded arithmetic plot of the counts min^{-1} in paired detectors along the transport path (corrected for background, induced background). Arrival of the ^{14}C front at each position was indicated when counts in the coincidence detectors increased sharply (i.e. $> 1\%$ of the final level). A line was then fitted from the first data point above 10 CPM through the next 15 points upward (60 sec intervals). The time where this fitted line extrapolated through zero CPM was used as the arrival time. Distances between individual detectors were automatically calculated from X-Y coordinates entered at the beginning of the experiment and the mean transit speed (cm min^{-1}) determined between each set of coincidence detectors.

RESULTS AND DISCUSSION

Representative data characterizing mid-day photosynthate fixation, allocation and export patterns in a fully expanded apical leaf of sweet potato is presented in Table 1. This includes information on the rate of ^{14}C assimilation, the size of the pool of photosynthate that is to be exported out of the leaf, the rate at which ^{14}C -photosynthate is exported from the leaf storage pool of carbon (presumably for export during the night), the length of time required for one complete turnover of carbon in the export pool and the percent of the photosynthate that is exported from the leaf.

The rates of transport of photosynthate between the petiole of the labeled leaf (D_2) and various positions down the mainstem toward the storage roots are presented in Figure 3. Basipetal transport velocity was not constant throughout the plants and changed significantly depending upon the time of the day it was assessed. During the morning and mid-day there typically was an increase in transport speed toward the base of the plant. This appeared to decline somewhat upon entry into the root system.

Table 1. Representative data characterizing the photosynthate fixation, allocation and export system within a fully expanded apical sweet potato (cv. Jewel) measured at mid-day. The plants had 140 to 160 leaves, a LA of 4000 to 4500 cm² and small storage roots.

Net rate of ¹¹ C assimilation	1.54 nCi cm ⁻² sec ⁻¹
Size of the leaf export pool	946 nCi cm ⁻²
Rate of export of ¹¹ C photosynthate from the leaf	.491 nCi cm ⁻² sec ⁻¹
Rate of storage of ¹¹ C photosynthate within the leaf	.608 nCi cm ⁻² sec ⁻¹
Turnover time of the export pool	22.3 min
% export of photosynthate	44.7 %

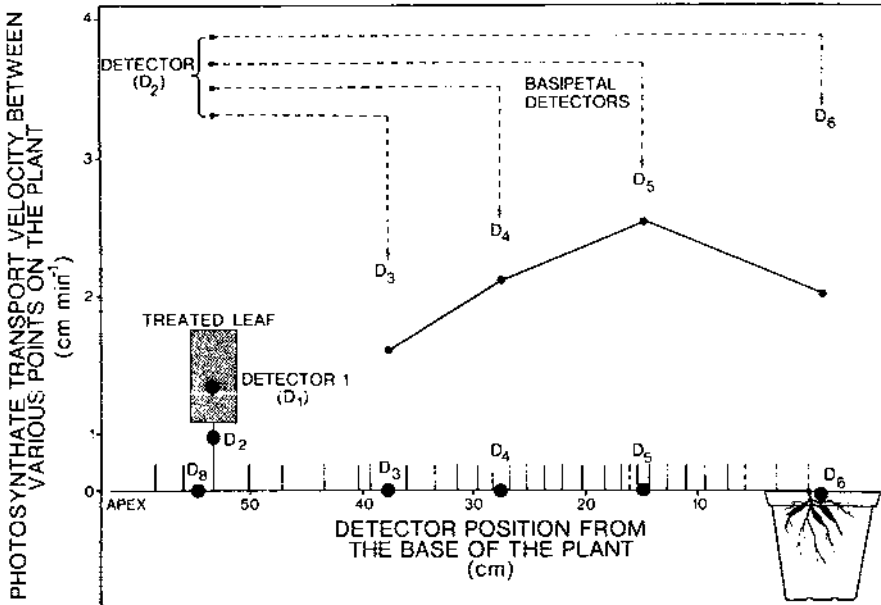


Figure 3. Changes in the mean transport velocity of photosynthates between the petiole of the treated leaf (detector 2) and various basipetal positions on the mainstem from the treated leaf.

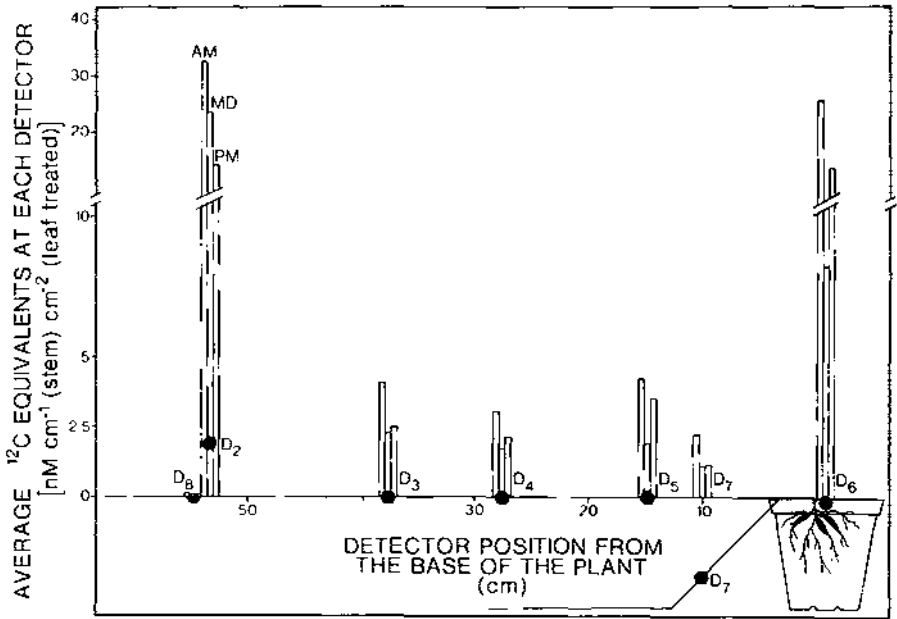


Figure 4. The average ¹²C equivalents of photosynthate from the treated leaf at each detector and changes in the concentration at three times during the day AM, mid-day (MD) and PM (after KAYS et al. 5).

The average ¹²C equivalents at each detector position on the plant provides a measure of how the photosynthate is being allocated within the plant (Figure 4). Maximum allocation was into the root zone where there were developing storage roots. Essentially no photosynthate was translocated acropetally from the treated leaf, suggesting that the growing tip of the vine is dependent upon carbon from other sources and/or carbon which is recycled from the storage pool of photosynthate within the leaf during the dark period. A small amount of photosynthate was translocated basipetally and then acropetally in lateral branches during the light period.

From this data it can be seen that ¹¹C applied as an extended square wave provides an extremely powerful tool for understanding the basic physiology of root and tuber crops and locating and identifying rate limiting steps or processes in the carbon acquisition, allocation and storage system. This information can be used to assess potential parental genotypes and progeny from breeding programs for traits needed for progressive improvements in yield. For example, high rates of carbon assimilation in some species have been associated with a high percent export of carbon from the leaf during the light period, a trait readily measured using ¹¹C.

Initial research should be directed toward characterizing the basic physiology of each root and tuber crop species. For example, it is necessary to know how the carbon acquisition, transport and storage system changes during the day, and with leaf position on the plant, age of the plant, and sink strength and position. This will allow a more accurate determination of critical traits that differ between high and low yielding lines. Once limiting traits have been identified, a cross section of the genepool of the species is assessed for genotypes that can be used for parental lines. This, in turn, is followed by screening of the progeny from crosses in individual breeding programs.

REFERENCES

- CIRILOV S.D., J.D. NEWTON and J.P. SCHAPIRA. 1966. Total cross section for the reaction $^{12}\text{C}^3\text{He}$, ^4He ^{11}C and ^{12}C (^3He , n) ^{14}O . Nucl. Phys. 77 : 472-476.
- FARES Y., C.E. MAGNUSON, J.D. GOESCHL and B.R. STRAIN. 1985. Analysis of carbon allocation in leaves using extended square wave input of continuously produced $^{11}\text{CO}_2$. Plant, Cell and Environ. (in press).
- KAYS S.J. 1985. The physiology of yield in the sweet potato. In "Sweet Potato Products : A Natural Resource for the Tropics". J. BOUWKAMP, ed., CRC Press, Boca Raton, FL (in press).
- KAYS S.J., L.K. CHUA, J.D. GOESCHL, C.E. MAGNUSON and Y. FARES 1982. Assimilation patterns of carbon in developing sweet potatoes using ^{11}C and ^{14}C . In "Sweet Potato", R.L. VILLAREAL and T.D. GRIGGS, eds., Asian Veg. Res. and Dev. Center, Tainan, Taiwan, 95-118.
- KAYS S.J., J.D. GOESCHL, C.E. MAGNUSON and Y. FARES. 1985. Use of ^{11}C to monitor changes in the fixation, transport and allocation of carbon in the sweet potato during the day. J. Amer. Soc. Hort. Sci.
- MAGNUSON C.E., Y. FARES, J.D. GOESCHL, C.E. NELSON, B.R. STRAIN, C.H. JAEGER and E.G. BILPUCH. 1982. An integrated tracer kinetics system for studying carbon uptake and allocation in plants using continuously produced $^{11}\text{CO}_2$. Radiat. Environ. Biophys. 21: 51-65.
- TUKEY J.A. 1977. Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley Pub. Co., 688 pp.

FERTILIZER N INDEPENDENT AND DEPENDENT SWEET POTATO CULTIVARS

(Variétés de Patate N dépendantes et indépendantes)

Walter A. HILL, Desmond G. MORTLEY and Stafford M. CROSSMAN
Department of Agricultural Sciences
Tuskegee Institute
Alabama 36088, USA

SUMMARY

In 1983, 197 seeds from high yielding sweet potato cultivars developed at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) were propagated and evaluated for growth and yield. Vine cuttings of the 25 most adapted cultivars were transplanted into an unfertilized field in 1984. Total root weight ranged from 10 to 41 mt/ha, marketable root weight ranged from 1.2 to 24.7 mt/ha and foliage weight ranged from 3.1 to 30.8 mt/ha. Three cultivars from IITA (fertilizer N independent types (FNI)) - T2024, T2037 and T2041, and three USA grown cultivars - "Centennial", "Jewel" and "Rojo Blanco" (fertilizer N dependent types (FND)) were grown at 0,60 and 120 kg N/ha. The T2024, T2041 and "Centennial" cultivars produced 22, 23 and 20 mt/ha at 0 kg N/ha. Yields of 15 to 16 mt/ha were obtained from T2037, "Jewel", and "Rojo Blanco" at 0 kg N/ha. At 60 kg N/ha "Centennial", "Jewel", T2024 and T2041 produced 28, 22, 23 and 20 mt/ha, respectively; yields of 14 mt/ha were obtained for both T2037 and "Rojo Blanco". Lower yields were produced for all cultivars except "Jewel" at 120 kg N/ha. In 1984 "Centennial" was inoculated with the N_2 -fixing bacteria *Azospirillum* at 2, 4 and 6 weeks after transplanting. Inoculation increased total and marketable root yields by 12 and 17 per cent respectively.

RESUME

En 1983 des plantules issues de 197 variétés à haut rendement produites à l'IITA (Nigeria) ont été testées pour leur rendement et leur croissance. Les boutures des 25 variétés les plus adaptées furent transplantées dans un terrain non fertilisé en 1984. Le poids total de racine varie de 10 à 41 t/ha, celui des racines commercialisables de 1,2 à 24,7 et celui des feuillages de 6,8 à 66,7 t/ha. Trois cultivars de l'IITA (N indépendants), T2020, T2037 et, T2041, et trois des USA,

"Centennial", "Jewel", et "Rojo blanco" (N dépendants) purent cultivés avec 0,60 et 120 kg N/ha. Les cultivars T2024, T2021 et "Centennial" produisirent 22, 23 et 20 t/ha à 0 kg N/ha. Des rendements de 14 t/ha furent obtenus de T2037 et "Rojo Blanco". Des rendements inférieurs furent réalisés par tous les cultivars sauf "Jewel" à 120 kg N/ha. En 1983 et 1984 "Centennial" fut inoculé avec des bactéries N₂ - fixatrices, *Azospirillum*, à 2, 4 et 6 semaines après transplantation. L'inoculation accrut les rendements en racines et en feuilles.

INTRODUCTION

Though numerous studies have indicated that N and K fertilizers significantly influence yield and quality of sweet potato (sweet potato is highly tolerant of low P levels), in most parts of the tropics sweet potatoes are seldom fertilized (HILL, 1985). For this reason, the sweet potato program at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) does not apply fertilizers in breeding line and cultivar field evaluations. On unfertilized experiment station fields at IITA in Nigeria, up to 50 t/ha in unfertilized fields have been reported (HAHN, et al, 1984). This yield is lower than the 85 t/ha reported on fertilized experiment station fields in the USA (COLLINS and WALTER, 1981) but is substantially greater than the 3.8 to 21.5 t/ha obtained on farmers fields throughout the world (FAO, 1980). The fact that high yielding varieties of sweet potato have been developed that grow on low organic matter soils and do not require application of N fertilizer, suggest the following :

- 1) existence of sweet potato genotypes efficient in foraging for soil N reserves (TSUNO, 1970), and/or
- 2) existence of mutually beneficial plant - N₂ - fixing microbial associations that provide N to the plant and/or enhance root growth (HILL and CROSSMAN, 1984 ; HILL et al., 1983 ; VAN BERKUM and BOOLHOOL, 1980 ; VOSE, 1983).

Associative N₂ -fixation can be defined as N₂ -fixation by free-living bacteria under the direct influence of plants. Among the many N₂ -fixing bacterial - plant associations that have been described are the associations of *Azospirillum* spp. with grasses, cereal, crops, orchard crops and sweet potatoes (HILL, et al., 1983 ; HILL and BOHLOOL, 1980, VOSE, 1983). Though inoculation studies with *Azospirillum* have note given consistent results, a number of studies have reported increased crop yields and/or N uptake in response to inoculation (CROSSMAN and HILL, 1984 ; KAPULNIK et al., 1983 ; VOSE, 1983).

The objectives of this study were to compare soil and fertilizer N use efficiency of sweet potato genotypes that were developed under N fertilizer independent (FNI) and N fertilizer dependent (FND) conditions, and to evaluate the response of sweet potato growth to inoculation with *Azospirillum*.

MATERIALS AND METHODS

Experiment 1. In the spring of 1983, 197 seeds from the highest yielding cultivars developed at IITA were planted in a greenhouse at the Tuskegee Institute Experiment Station and the seedlings were transplanted to an unfertilized field in July 1983. Vine cuttings and roots from the most vigorous plants were planted/bedded in the greenhouse and further vine cuttings were made during the winter of 1983-1984 to increase the quantity of planting material. In May 1984, vine cuttings from the 27 most adapted IITA cultivars were transplanted into 1.2 x 4.2 m rows of Norfolk sandy loam (Typic Paleudult) without fertilizer addition. In October 1984, the foliage and roots were harvested. Roots were graded and roots and foliage were weighed and analysed for crude protein content.

Experiment 2. On May 15, 1984 planting material selected in 1983 from three of the most vigorous IITA (fertilizer N independent (FNI) cultivars -T2024, T2037 and T2041, and three U.S. grown cultivars - "Centennial", "Jewel", and "Rojo Blanco" (fertilizer N dependent (FND) types) were transplanted to the field. Vine cuttings were transplanted into Norfolk sandy loam into rows 1.2 x 4.2 m. The experiment was a 6 x 3 factorial with a split plot design and three replications. Main plot treatments consisted of three rates of fertilizer N (0, 60 and 120 kg N/ha) and the six cultivars were subplot treatments. Fertilizer N application was split for those plots receiving 120 kg N/ha with half applied at planting and the other half 6 weeks after planting. Phosphorous and K were applied according to soil test to all treatments and weeds were controlled by hand. At 9 weeks after transplanting, petioles of the fifth leaf from the growing tip were sampled and analysed for N content using the semi-microKjeldahl procedure. Roots and foliage were harvested on September 16, 1984. Roots were graded and samples of roots and foliage were analysed for N content.

Experiment 3. "Centennial" sweet potato slips were planted into 1.2 x 4.2 m rows of Norfolk sandy loam previously limed to pH 6.5 on May 18, 1984. The experiment was a complete randomized design with four replications. The treatments consisted of three N levels (0, 40 and 80 kg/ha) applied at planting with and without *Azospirillum* inoculant and 0 kg N/ha + the inoculant medium. The inoculant was applied to the "root sorption zone" of the plants at 2, 4 and 6 weeks after transplanting. Each inoculation consisted of the application of 5 ml of the bacterial suspension per plant at the rate of 10^8 - 10^{10} cells per ml. the inoculant used was *A. brasilense* (ATCC 35629) initially isolated from sweet potato roots (HILL et al., 1983) and used in previous inoculation studies (CROSSMAN and HILL, 1984). Roots and foliage were harvested on September 30, 1984. Roots were graded and root and foliage yields determined.

Table 1. Root yields and foliage weight of the 27 highest yielding sweet potato cultivars propagated from seeds developed at the International Institute of Tropical Agriculture

Cultivar	Marketable Yield	Nonmarketable Yield	Total Yield	Foliage Fresh Weight	Protein in Roots
	-----mt/ha-----				%
T 2044	24.8	2.7	27.5	16.4	10.7
T 2074	24.7	4.6	29.3	12.3	9.7
T 2075	23.3	6.5	29.9	11.2	7.6
T 2091	20.8	14.5	35.3	12.0	8.1
T 2032	20.4	20.8	41.3	30.8	8.1
T 2098	18.7	4.5	23.2	11.5	7.4
T 2097	17.8	6.9	24.8	9.9	7.7
T 2046	16.0	6.4	22.4	13.1	6.4
T 2025	15.6	1.5	17.1	11.7	6.8
T 2083	14.3	7.1	21.4	3.1	7.9
T 2010	14.3	5.3	19.6	7.9	8.0
T 2043	11.3	3.5	14.8	8.4	13.6
T 2079	8.7	2.0	10.7	20.1	7.4
T 2174	8.5	7.8	16.4	21.2	6.7
T 2042	6.3	1.6	7.9	8.8	10.0
T 2171	5.6	5.0	10.7	8.3	7.0
T 2026	5.0	21.8	26.9	5.1	9.7
T 2166	4.6	19.3	24.0	6.0	7.4
T 2080	4.4	6.0	10.4	10.7	6.5
T 2076	4.2	12.3	16.6	7.9	7.4
T 2172	3.8	15.8	19.7	10.1	8.2
T 2077	3.1	3.4	6.5	5.9	8.7
T 2066	2.1	1.9	4.1	13.3	10.2
T 2057	1.8	3.5	5.3	14.8	8.3
T 2071	1.1	16.1	17.2	5.9	8.7
T 2059	0.9	22.2	23.1	17.1	8.6
T 2078	0.6	1.3	2.0	8.6	9.3

RESULTS AND DISCUSSION

The 27 cultivars evaluated in experiment 1 had marketable root yields, non marketable root yields, total root yields and foliage weights ranging from 1 to 25, 1 to 22, 2 to 41 and 3 to 31 mt/ha, respectively (Table 1). Highest marketable root yields were obtained from T2044 and T2074 and highest total root yields were obtained from T2032 and T2041. There was an inverse relationship between total and marketable root yields for the top five yielding cultivars. The highest biomass (roots + foliage) produced was 72 mt/ha for T2032. The percent protein in the roots and foliage ranged from 6 to 14 per cent and 13 to 22 per cent, respectively. Among to the top yielding cultivars, T2044 and T2074 had the highest root protein contents. Significant correlations were found between marketable yield and foliage protein content (Table 2). The results verify that high sweet potato root and foliage yields can be obtained from the IITA developed cultivars without fertilizer inputs, and also show that relatively high protein contents can be obtained in the high yielding varieties.

In experiment 2 the FNI cultivars T2041 and T2024 produced the highest yields at 0 kg N/ha ; the FND cultivar "Centennial" produced the highest yield at 60 kg N/ha ; and the FND cultivars "Centennial" and "Jewel" produced highest root yields at 120 kg N/ha (Table 3). At all three N levels T2037 and "Rojo Blanco" produced lower root yields than the other cultivars. At 0 kg N/ha the FNI cultivars as a group tended to outyield the FND cultivars ; at 60 kg N/ha there was little difference between the FNI and FND yields, and at 120 kg N/ha, though differences were not significant, the FND cultivars had a 27.6 per cent greater yield than the FNI cultivars. Comparison of marketable and total root yields and foliage weight for the six cultivars is shown in Table 4. There was an inverse relationship between foliage weight and root yields (marketable and total) for the FNI cultivars, but not for the FND cultivars. The petiole N content (data not shown) was also inversely related to root yields (marketable and total) for the FNI but not the FND cultivars.

Root and foliage yields for the N rate plus inoculant treatments of experiment 3 are shown in Table 5. Though total and marketable root yields were not significantly different for the inoculant vs inoculant treatments at each N rate, there was an overall tendency for marketable ($P > 0.10$) and total ($P > 0.09$) root yields to be higher for the inoculated treatments as a group than the noninoculated treatments as a group. The 0 kg N/ha plus inoculant treatment produced significantly higher marketable and total root yields than the 0 kg N/ha plus the medium used for bacterial growth. This showed that increases in yield were due to the presence of the bacteria in the medium and not the medium itself. Foliage yields for inoculated treatments were significantly lower at 0 kg N/ha and tended to be lower at 40 kg N/ha than treat-

Table 2. Correlation coefficients of root yields, foliage weight, percent protein in roots and foliage and percent dry matter of the 27 highest yielding sweet potato cultivars propagated from seeds developed at the International Institute of Tropical Agriculture

	Marketable Yield	Total Yield	Foliage Weight	Protein In Roots	Protein In Foliage	Dry Matter
Marketable Yield	---	0.72***	0.28	-0.03	-0.36**	-0.28
Total Yield		----	0.31*	-0.11	-0.20	-0.27
Foliage Weight			----	-0.15	-0.10	-0.28
% Protein in Roots				----	-0.21	-0.10
% Protein in Foliage					----	0.05
% Dry Matter						----

* Significant at the 10% level.

** Significant at the 5% level.

*** Significant at the 1% level.

Table 3. Yield of FNI and FND* sweet potato in response to fertilizer N rate.

Cultivars	N rate (kg N/ha)		
	0	60	120
	-----t/ha-----		
T2024	22.5 ^{ab**}	23.2 ^{ab}	16.7 ^{ab}
T2037	15.4 ^b	14.2 ^b	9.4 ^b
T2041	22.9 ^a	24.4 ^{ab}	21.5 ^{ab}
Centennial	19.9 ^{abc}	28.1 ^a	23.2 ^a
Jewel	16.5 ^{abc}	22.1 ^{ab}	22.5 ^a
Rojo Blanco	15.0 ^c	14.0 ^b	14.0 ^{ab}
NFI	20.3	20.6	15.6
NFD	17.2	21.4	19.9
P > F	0.10	N.S.	N.S.

* FNI = Fertilizer nitrogen independent
FND = Fertilizer nitrogen dependant

** Figures with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% level by the Duncans Multiple Range Test.

ments without inoculation. At 80 kg N/ha differences in foliage were not notable for the inoculated and non inoculated treatments. The soil NH_4^+ + NO_3^- N level was 26 $\mu\text{g g}^{-1}$ at transplanting, suggesting a relatively low residual N index (MASCIANICA et al., 1985). Thus the high root and foliage yields in the control plots (0 kg N/ha without inoculant) suggests that "Centennial" is a good forager for nutrients (TSUNO, 1970), and/or can promote endogenous microbial - plant root associations that enhance root growth and N uptake (HILL and CROSSMAN, 1984 ; VOSE, 1983). The lower foliage yield and higher root yield in response to the inoculant treatment at 0 and 40 kg N/ha N suggest that the *Azospirillum* inoculant enhances sweet potato storage root growth at the expense of foliage growth when applied with low to moderate N fertilizer levels to soils with relatively low residual N index.

Table 4. Root and Foliage Yield and N concentration in Petiole of FNI and FND* Sweet Potato Genotypes

	Total Yield	Marketable Yield	Foliage Weight
	----- (mt/ha) -----		
T2037	13.00 ^{b**}	8.75 ^b	24.8 ^a
T2041	22.92 ^a	17.15 ^a	17.6 ^b
T2024	20.78 ^a	13.34 ^{ab}	20.0 ^{ab}
Rajo Blanco	14.34 ^b	11.32 ^{ab}	17.6 ^{ab}
Jewel	20.39 ^a	15.29 ^a	20.0 ^{ab}
Centennial	23.74 ^a	16.08 ^a	16.8 ^{ab}

* FNI = Fertilizer nitrogen independent

FND = Fertilizer nitrogen dependent

** Figures with same letter in the same column are not significantly different at 5% level by the Duncans Multiple Range Test.

Table 5. Total and marketable root yields and foliage weights of 'Centennial' sweet potato in response to fertilizer N rate and inoculation with *Azospirillum brasilense*

Treatments	Total Yield	Marketable Yield	Foliage Fresh Weight
	----- (mt/ha) -----		
0 kg N/ha + medium	24.8	19.1	14.4
0 kg N/ha + inoculant	34.1	28.1	13.2
0 kg N/ha	30.2	24.6	22.0
40 kg N/ha + inoculant	30.8	25.4	16.8
40 kg N/ha	29.2	23.9	23.2
80 kg N/ha + inoculant	33.0	28.6	20.8
80 kg N/ha	28.0	22.1	16.8
LSD (.05)	7.0	8.1	4.4
LSD (.10)	5.8	6.7	3.6
With inoculant	32.6	27.4	16.8
Without inoculant	29.2	23.5	20.6
P > F	0.09	0.10	0.14

REFERENCES

- COLLINS, W.W. and W.M. WALTER. 1981. pp. 355-363. Potential for increasing nutritional value of sweet potatoes. In R.L. Villareal and T.D. Griggs (eds). Sweet potatoes - Proceedings of the First Int'l Symposium. Asian Vegetable Research Center, Taiwan.
- CROSSMAN, S.M. and W.A. HILL. 1984. Response of 'Centennial' sweet potato to inoculation with *Azospirillum*. p. 101. Abstr. Proc. 3rd Int'l Symp. N₂-Fixation with Nonlegumes. Helsinki, Finland, 2-8 Sept. 1984.
- FAO. 1980. FAO Production Yearbook.
- HAHN, S.K., M.N. ALVAREZ, F.E. CAVENESS, S.Y. NG. 1984. pp. 93-97. Sweet potato improvement at the International Institute of Tropical Agriculture. Proc. 1st Caribbean Regional Workshop in Tropical Root Crops. University of the West Indies, Kingston, Jamaica, 10-16 Apr. 1983.
- HILL, W.A. 1985. Sweet potatoes. Chapt. 18. In D.L. Plucknett and H. Sprague (eds.). Detecting mineral nutrient deficiencies that affect production of temperate and tropical crops. Westview Press, Boulder, CO, USA (In Press).
- HILL, W.A. and P. BACON. 1984. Fertilizer N use efficiency and associative N₂-fixation of sweet potato. pp. 533-542. Proc. 6th Int Symp. on Tropical Root Crops, International Potato Center, Lima, Peru, 21-26 Feb. 1983.
- HILL, W.A., P. BACON-HILL, S.M. CROSSMAN, C. STEVENS. 1983. Characterization of N₂-fixing bacteria associated with sweet potato roots. Can. J. Microbiol. 29 (8) 860-862.
- HILL, W.A. and S.M. CROSSMAN. 1984. pp. 167-170. Evidence for associative N₂-fixation in sweet potato. Proc. 1st Caribbean Workshop on Tropical Root Crops, University of the West Indies, Kingston, Jamaica, 10-16 Apr. 1983.
- KAPULNIK, Y., S. SARIG, I. NUR and Y. OKON. 1983. Effect of *Azospirillum* inoculation on yield of field grown wheat. Can. J. Microbiol. 29 : 895-899.
- MARTIN, P., R.R. BELLINDER, B. GRAVES, R.D. MORSE and H. TELLEGRAND. 1985. Forecasting of N fertilizer requirements for sweet potato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 (3) 358-361.
- SUBBA RAO, N.S. 1983. Nitrogen-fixing bacteria associated with plantation and orchard plants. Can. J. Microbiol. 29 (8) 863-866.

- TARRAND, J.J., N.R. KREIG and J. DOBEREINER. 1978. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum brasilense* sp. no. Can. J. Microbiol. 24 : 967-980.
- TSUNO, Y. 1970. Sweet potato nutrient physiology and cultivation. International Potash Institute, Berne, Switzerland.
- van BERKUM, P. and B.B. BOHLOOL. 1980. Evaluation of nitrogen fixation by bacteria in association with roots of tropical grasses. Microbiol. Rev., 44 : 491-517.
- VOSE, P.B. 1983. Developments in nonlegume N₂-fixing systems. Can. J. Microbiol. 29 (8) 837-850.

TRAVAUX D'EXPERIMENTATION CONDUITS SUR LA PATATE DOUCE EN POLYNESIE FRANCAISE

Experiments conducted with Sweet Potatoe in French Polynesia

REBOUL J.L.

Mission GERDAT/IRAT BP 494 PAPEETE, TAHITI

RESUME

Ces travaux réalisés par l'IRAT ont permis de définir les techniques culturales les mieux adaptées en particulier l'élaboration d'un programme de fumure minérale (90 N et 350 K₂O/ha) et de désherbage chimique. L'influence de la position de la lune au moment de la plantation a pu être mise en évidence. Aucune méthode efficace de contrôle chimique du charançon *Cylas formicarius* n'a pu être définie, rotation des cultures, traitement des lianes par trempage avant la plantation et choix de variétés à cycle court paraissent les seules recommandations à proposer aux agriculteurs. Etude systématique des variétés locales, introduction de variétés sélectionnées (IRAT Réunion et surtout AVRDC-Formose) et créations de nouvelles lignées par hybridation ont permis de constituer un catalogue des variétés les mieux adaptées, les unes pour l'alimentation humaine, les autres pour celle des animaux. Fiches, films-vidéo ont pu être préparés, en vue d'appuyer l'effort décidé de diffusion auprès des planteurs locaux, des variétés et méthodes ainsi définies.

SUMMARY

These works, done by IRAT led to the best adapted cultural technics, particularly to the biolding up of a mineral fertilization program me (90 N and 350 K₂O/ha) and to chemical weeding. The effect of the moon position at planting has been established. No efficient method for the chemical control of the weevil *Cylas Formicarius* has been found, so rotational cultivation, deeping of vines in insecticide before plantation and choice of early cultivar appear as the only recommandation to the farmers. The systematic study of local cultivars, the introduction of selected ones (from IRAT Reunion and above all, AVRDC-Taiwan) and the creation of new clones by hybridization permitted the constitution of a catalogue of the more adapted cultivars,

some for human nutrition, others for animal nutrition. Documentation forms and video films could be prepared in view of enhancing the effort of diffusion of cultivars and methods among the local producers.

INTRODUCTION

La Polynésie Française, un Territoire constitué de plus de 140 îles représentant 4.000 km² de terres émergées sur plus de 4 millions de Km² d'océan, îles hautes volcaniques et îles basses coralliennes, les atolls.

Une agriculture basée jusque vers les années 1960 sur les activités d'exportation, coprah, vanille, café et sur les productions vivrières traditionnelles destinées à l'autoconsommation.

A partir de 1963 et suite au développement de l'industrie touristique et à l'installation du Centre d'expérimentation du Pacifique, la Polynésie Française connaît une brutale évolution socio-économique caractérisée par une expansion rapide du marché de l'emploi et une hausse importante des coûts et des salaires, se traduisant par une désaffectation massive des polynésiens pour les activités rurales jugées insuffisamment rémunératrices et un effondrement des productions traditionnelles.

Parallèlement, la demande de produits alimentaires se développe rapidement en même temps qu'elle se diversifie du fait de l'apparition de nouvelles habitudes : l'agriculture locale n'étant pas prête à faire face à cette demande, celle-ci est satisfaite par un recours généralisé à l'importation.

A l'heure actuelle, la Polynésie Française importe plus de 80 pour cent de ses besoins alimentaires.

Conscient du caractère dangereux de cette situation et soucieux de diminuer une telle dépendance, les responsables politiques locaux ont décidé de réhabiliter les productions vivrières traditionnelles et notamment les tubercules, supplantés aujourd'hui par le pain et le riz en tant que produits de base de l'alimentation des Polynésiens.

C'est dans ce but qu'il a été demandé à l'IRAT de définir des bases techniques à la relance des principaux tubercules et notamment taro, patates douces et manioc.

LA CULTURE DE LA PATATE DOUCE EN POLYNESIE FRANCAISE

- Entrant traditionnellement dans la ration des Polynésiens et constituant avec Taro, Banane et Fruit de l'arbre à pain, les légumes d'accompagnement des poissons et viandes de porc, la Patate douce n'est plus beaucoup cultivée à l'heure actuelle : seuls 234 Tonnes ont été commercialisées en 1984 (en comparaison avec les 730 T de Taro), la part relativement importante toutefois de l'auto-consommation ne pouvant être appréciée.

- La Patate douce, espèce très plastique, est cultivée dans tous les archipels de la Polynésie Française, aussi bien sur les sols légers d'alluvions fluvio-marines de la plaine littorale et des vallées ou les sols ferrallitiques des plateaux de moyenne altitude des îles hautes volcaniques, que sur les sables coralliens plus ou moins humifères des îles basses, les atolls.

- Exception faite de quelques rares parcelles cultivées de façon relativement organisée et intensive, la Patate douce est l'un des composants du "jardin traditionnel polynésien" associant au sein du même système, cultures basses (patates douces et taro essentiellement) cultures moyennes (bananiers, vanillier, papayer, caféiers, manioc, citronniers) et cultures hautes (arbres à pain, arbres fruitiers divers - manguiers, avocatiers et cocotier).

- Les techniques culturales employées par les planteurs polynésiens sont relativement rudimentaires, les seules interventions consistant en la préparation du terrain (buttes ou billons), en travaux d'entretien occasionnels (buttage, désherbage...) et en la récolte.

LES TRAVAUX D'EXPERIMENTATION CONDUITS EN POLYNESIE FRANCAISE

Objectifs

Les travaux d'expérimentation entrepris en vue de la relance de la production locale de Patates douces ont donc eu pour objectif général, l'amélioration de la productivité des cultures par :

- la recherche de variétés plus productives : inventaire des variétés locales, introduction de variétés étrangères, création de nouvelles variétés...

- la recherche de méthodes économiques de lutte contre les charançons : choix de variétés résistantes, rotations culturales, traitements insecticides...

Enfin, certains essais ont été conduits en vue de

préciser les pratiques susceptibles également d'accroître les revenus des planteurs : essais de fertilisation et de désherbage, recherche des dates de plantation les plus judicieuses.

Conditions de milieu

Les expérimentations ont été conduites pour l'essentiel sur l'île de Tahiti, (149°30' Longitude Ouest et 17°45' Latitude Sud), à la fois au niveau de la plaine (sols d'alluvion, Eutric-fluvi sols FAO) à la Station de Papara, et au niveau du plateau de moyenne altitude de Taravao (sols ferrallitique - ferralic cambisols FAO) à la Station de Taravao (altitude 450 M).

Au niveau de la mer, la température moyenne oscille entre 25° et 27°C : la variation diurne est assez faible, la température descendant très rarement au-dessous de 15°C.

En altitude la température moyenne décroît régulièrement, sensiblement de 1° par 200 m, et la variation diurne devient plus marquée.

La plaine Sud-Est de Tahiti reçoit en moyenne de 2 à 2 500 mm de pluies régulièrement réparties dans l'année, les zones d'altitudes recevant 3 à 3 500 mm.

LES RESULTATS DES EXPERIMENTATIONS REALISEES

Définition des méthodes culturales les mieux adaptées

Fertilisation

Détermination des carences

Plusieurs essais ont été aménagés sur les mêmes bases en vue de la détermination des éléments minéraux à apporter en priorité sur une culture de Patates douces :

- variété "Au Maire Vareau"
- 5 traitements : NPK PK - NK - NP et Témoin 0
- doses appliquées (en Kg/ha)

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
60	120	170

- parcelles élémentaires de 40 plants (4 x 10) à 0,4 x 0,8 m
- 1 ligne de bordure entre chaque parcelle
- 4 répétitions de Fisher.

Tableau 1 : Rendements (t/ha) de trois essais de fertilisation

Localité	Plantations	Cycle (Jours)	NPK	NK (-P)	NP (-K)	PK (-N)	T
Papara	10/5	157	33,2	30,1	28,0	26,3	25,3
Papara	6/11	239	10,1	10,1	11,4	6,7	5,1
Moorea	30/11	203	17,7	20,3	20,5	15,5	16,0

Ces résultats (Tableau 1), bien que non significatifs, ont permis de mettre en évidence l'importance de l'azote N, et à un degré moindre de la Potasse K.

Définition de l'équilibre de la fumure minérale

Un essai a été implanté du 10/11/1972 au 2/8/1973 sur l'île de Moora en vue de définir l'équilibre optimum N/K à apporter à la fumure.

Les travaux n'ayant pas été poursuivis pour des raisons budgétaires, les conclusions très partielles retenues en dépit de conditions d'essai très favorables, tendaient à recommander provisoirement alors :

- 1 KN soit 90 N (Kg/ha) et 350 k₂O (KG/ha)
- fractionnement recommandé :
1/3 avant la plantation
2/3 1 mois après le bouturage.

Désherbage chimique

Aucune expérimentation organisée n'a été réalisée en matière de désherbage chimique.

Seuls quelques essais conduits empiriquement ont permis d'enregistrer des résultats positifs s'agissant du

contrôle en cours de culture des principales adventices:

- CHLORTAL (DACTHAL W 75) pulvérisé à la dose de 10 Kg m.a./ha (15 g/10 l d'eau pour 100 m² de produit commercial) sur sol propre, juste après le bouturage des lianes pour le contrôle des adventices communes.

- EPTC (Eradicane à la dose de 8 l/ha) appliquée à la préparation du terrain avant plantation, pour le contrôle de l'herbe à oignons *Cyperus rotundus*.

- Fluazifop-butyl (Fusilade à la dose de 4 l/ha) appliqué sur une culture fortement enherbée pour le contrôle des principales graminées rencontrées.

Dates de plantation et position de la lune

D'après le calendrier lunaire polynésien, le meilleur moment pour planter les tubercules en général, les patates douces en particulier, se situe au lendemain de la nouvelle lune.

Mais les traditions se perdant, les planteurs polynésiens ne savent plus très bien ce qu'il en est de ce calendrier lunaire.

Deux essais ont donc été mis en place en 1981.

Dans les deux cas, les meilleurs résultats ont été observés sur les parcelles plantées les jours de pleine lune : néanmoins, la très grande variabilité observée sur ces 2 essais ne permet pas de tirer de conclusion très significative de ces résultats.

Lutte contre les charançons

Deux insectes Coléoptères Curculionidae constituent les parasites les plus dangereux pour la patate douce en Polynésie Française : *Euscepes batatae* Waterhouse et surtout *Cyba formicarius fabricius*.

L'évolution des dégâts appréciés en terme de taux de tubercules endommagés a été la suivante sur diverse variétés cultivées du 17/9/79 au 3/6/80:

Age à la récolte (mois) \ Dates de plantation	17/9/1979 (%)	27-28/2/1980 (%)	3/6/1980 (%)
3	0	16,3	56,5
4	7,0	16,3	46,9
5	10,4	32,6	60,4
6	9,1	31,7	68,9

Il apparait ainsi que ces dégâts,

- augmentent avec la durée du cycle de culture
- peuvent être considérables pour une culture implantée en début de saison sèche en succession d'une première culture de patate douce (50 à 70 pour cent).

Variétés résistantes

Considérant que les dégâts causés par les charançons semblent moins importants sur les tubercules récoltés à 3-4 mois, l'un des objectifs des travaux de sélection décrit plus loin, a consisté à rechercher des variétés à cycle court.

Lutte chimique

Plusieurs essais de lutte chimique ont été réalisés à la Station de Papara en vue de l'étude de l'efficacité éventuelle :

- du trempage des lianes avant plantation dans un bain insecticide
- de divers traitement de la culture en cours de cycle :

. diverses méthodes d'application (pulvérisation, atomisation, ULV injection au pal...)

. diverses matières actives (méthamidophos, carbaryl, perméthrine, endosulfan)

Malheureusement, aucune conclusion significative ne pu être tirée de ces divers essais, soit en raison d'un degré d'infestation trop faible des parcelles et d'une très grande variabilité de l'essai dans certains cas, soit d'un niveau très bas des rendements observés dans d'autres cas.

Il paraît illusoire de vouloir assurer la protection des cultures de patates douces contre les dégâts causés par

le charançon *Cylas formicarius* F. par le seul recours aux méthodes chimiques.

Les recommandations pouvant être formulées en la matière sont donc les suivantes :

- éviter de planter sur une parcelle précédemment cultivée en patate douce,
- utiliser des variétés à cycle court,
- utiliser des lianes indemnes, et les tremper si besoin avant la plantation, dans un bain insecticide,
- éventuellement, désinsectiser le sol avant la plantation et pulvériser des insecticides en cours de culture.

Recherche des variétés les mieux adaptées

Ce programme réalisé sur les Stations de Papara et Taravao a comporté les 4 volets suivants :

- recherche et évaluation des principales variétés locales
- introduction de variétés étrangères (IRAT Réunion et surtout AVRDC- formose)
- création de nouvelles lignées par hybridation et sélection massale multiplication et diffusion des variétés considérées comme les plus performantes.

Sélection des variétés locales

Une proposition des principales variétés cultivées localement fut réalisée de 1979 à 1982 sur les îles de la Société (Tahiti-Moorea-Huahine principalement) et une collection fut constituée à partir du matériel végétal (19 variétés) ainsi rassemblé, les parcelles correspondantes étant implantées sur les stations de Papara et Taravao.

8 cycles culturels ont ainsi réalisés du 17/9/1979 au 28/3/1984 sur les bases suivantes :

- collection variétale à 1 témoin répété (AU MAIRE VAREAU)
- 1 variété par parcelle
- parcelles élémentaires de 50 plants à 0,75 m x 0,40 m.

Les observations recueillies lors de ces divers cycles peuvent être résumées sur le tableau suivant, la variété de référence étant AU MAIRE VAREAU, actuellement la plus cultivée:

Introduction de variétés étrangères

Variétés destinées à l'alimentation des animaux

Certaines des lignées introduites se sont avérées extrêmement productives, mais la qualité gustative des tubercules produits ne correspondant pas au goût du consommateur polynésien, elles ont été conservées et multipliées en vue de l'alimentation des animaux, porcins principalement (en substitution au Manioc).

Ces variétés ont été testées lors de 7 cycles culturaux du 25/5/1979 au 10/9/1982, les principales observations relevées pouvant être résumées comme suit :

Classement	Nom de la variété	Origine	Saison de plantation recommandée	Age optimum à la récolte	Rendements moyens totaux (T/ha)	Tubercules		
						Poids (g)	Coloration	
							Peau	Chair
1	CL-591-14	AVRDC	Fév.-Mars	4-5 mois	53,6 T/ha	173g	Rose	Carotte
2	CL-590-33	"	Mai-Juin	5 "	49,7 "	190g	Rose	Carotte
3	CL-431-12	"	Fév.-Mars	5 "	47,3 "	278g	Rose	Carotte
4	CL-548-3	"	Fév.-Mars	5 "	40,0 "	156	Jaune	Orange
5	CL-431-22	"	Mai-Juin	5 "	37,2 "	230	Jaune	Rose
6	CL-590-13	"	Mai-Juin	5 "	36,7 "	180	Jaune	Rose
7	CL-551-3	"	Fév.-Mars	5 "	34,9 "	168	Rose	Carotte
8	IRAT 17	IRAT-Réunion	Mai-Juin	6 "	30,8 "	227	Blanc	Blanc
9	IRAT 12	"	Fév.-Mars	6 "	27,2 "	133	Blanc	Blanc
10	CL 438-3	AVRDC	Fév.-Mars	4-5 "	26,5 "	186	Rose	Blanc

Variétés destinées à l'alimentation humaine

De nouvelles introductions ont donc été réalisées ultérieurement dans le but d'obtenir des variétés susceptibles de répondre aux exigences du consommateur polynésien.

En particulier, 6 lignées créées à l'AVRDC ont été introduites le 23/2/1983 et soumises depuis à 5 cycles culturaux d'expérimentation en comparaison avec la variété locale AU MAIRE VAREAU, les résultats moyens observés pouvant

être résumés comme suit :

Classe- ment	Variétés	Rendements moyens totaux (T/ha)		Tubercule (à 3 mois)			
		à 3-4 mois	à 5 mois	Poids moyen (g)	Coloration		Qualité gustative (1 à 5)
					Peau	Chair	
1	CN 1020-15	50,2 T/ha	72,7 T/ha	263g	Mauve	Jaune-Orange	2
2	CN 942-47	49,2 "	59,3 "	316g	Rose-Mauve	"	1
3	CN 1108-13	46,8 "	58,1 "	205g	Rose-Claire	Orange	2-3
4	CN 1038-16	42,7 "	46,2 "	204g	Rose-Mauve	Jaune	1
5	AIS 0122-12	34,2 "	34,2 "	191g	Rose-Claire	Blanc	1
6	I 444	29,8 "	37,9 "	137g	Beige	Blanc-Jaune	2

Une série de 6 nouvelles lignées ont été introduites le 18/7/1984 toujours en provenance de Formose (AVRDC) et vont être soumises aux mêmes tests d'évaluation en vue d'une éventuelle diffusion des plus performantes.

Création de nouvelles lignées

Les variétés locales sont peu productives mais les tubercules produits sont très appréciés des consommateurs polynésiens tandis que la plupart des variétés formosanes sont très hautement productives en tubercules de qualité gustative médiocre.

Fécondations naturelles contrôlées

Des semences produites naturellement ont été récoltées sur les 2 variétés suivantes, et semées en culture hydroponique (31/7/1980) :

- "AU MAIRE VAREAU", variété locale
- "GL 591-14", variété introduite de l'AVRDC Formose.

Ont été mis en multiplication en vue d'essais ultérieurs le 14/11/80 :

- 7 clones issus des fécondations naturelles de "AU MAIRE VAREAU"
- 13 clones issus des fécondations naturelles de "GL 591-14".

Fécondations croisée dirigées

2 croisements dirigés ont pu être réalisés le 9/7/1980 par fécondation de fleurs de 2 variétés locales très appréciées des consommateurs polynésiens avec du pollen d'une variété formosane très productive :

- pollinisation de "AU MAIRE VAREAU" avec du pollen de CL 591-14

- pollinisation de "TORU AVAE RAROTOA" avec du pollen de CL 591-14

Ont été mis en multiplication le 13/1/1981 en vue d'essais ultérieurs :

- 3 clones issus du croisement "Formose x Toru Avae Rarotoa"
- 9 clones issus du croisement "Formose x Au Maire Vareau".

Evaluation des clones créés

Les 33 clones ainsi individualisés (20 clones de fécondations naturelles et 12 clones de fécondations croisés) ont été soumis à expérimentation sur plusieurs cycles culturaux, les variétés-mères étant utilisées comme références: récoltes et pesées effectuées à 3-4-5 et 6 mois, suivies de dégustations systématiques des tubercules produits, ont permis de retenir en fin de compte 7 clones sélectionnés pour leurs bonnes qualités gustatives et leur productivité au dessus de la moyenne, clones qui ont été inclus dans les collections entretenues sur les Stations de Papara et Taravao.

Les observations relevées sur 6 cycles culturaux conduits du 17/2/1981 au 2/5/83 peuvent être résumées comme suit :

Classement	Clones	Saison de plantation recommandée	Rendements moyens totaux A 4, 5 mois (T/ha)	Tubercules			
				Poids moyen (g)	Coloration		Qualités gustatives (1 = très bien à 5 = médiocre)
					Peau	Chair	
1	CL591-14 x Toru Avae N° 2	Sept.-Oct.	38,1T/ha	216g	Mauve	Blanc tacheté	2-3
2	Féc.Natur"Au Maire" N° 6	" "	34,8 "	172	Mauve	Jaune clair	2-3
3	CL591-14xAu Maire N° 8	Mai-Juin	33,2	192	Violet	Crème	1-2
4	CL591-14xAu Maire N° 7	Mai-Juin	33,2	190	Mauve	Crème foncé	1-2
5	Féc. Nat. CL591-14 N° 3	Sept.-Oct.	31,6	155	Violet rose	Blanc crème	2
6	Féc. Nat. Au Maire N° 7	Mai-Juin	30,1	240	Violet rose	Blanc	1
7	CL591-14xToru Avae N°3	Mai-Juin	26,8	204	Crème	Jaune	2-3

Utilisation du matériel végétal sélectionné

Utilisation des tubercules ; valeur nutritive

Les divers travaux de recherche des variétés les mieux adaptées ont permis de sélectionner du matériel végétal très performant s'agissant de sa productivité en tubercules.

Des observations et analyses effectuées avec le concours du laboratoire de Nutrition du Centre Océanologique du Pacifique sur des échantillons prélevés lors du cycle du 27/2/1980 au 26/8/1980 ont permis d'apprécier objectivement la valeur alimentaire des produits récoltés sur 18 variétés testées.

Ces observations peuvent être résumées ainsi s'agissant d'une variété locale représentative (AU MAIRE VAREAU) et d'une variété formosane (CL 591-14)

(AU MAIRE VAREAU)

Age à la récolte (mois)	Valeur nutritive des tubercules				Valeur nutritive des feuilles			
	M S %	Cendres %	M G %	Protéine	M S %	Cendres %	M G %	Protéines
3 mois	17,5	5,1	1,0	3,0	14,1	10,1	2,7	10,5
4 -	22,8		3,8	0,8	12,4	13,9	12,4	10,8
5 -	24,6	3,2	1,1	2,0	17,7	9,9	2,7	12,2
6 -	25,4	3,2	0,7	2,0	15,4	10,7	2,8	12,0

(CL 591-14)

3 mois	12,6	4,3	1,3	3,3	12,9	13,1	2,7	19,9
4 -	15,8	3,3	0,5	3,5	11,8	11,6	3,0	12,7
5 -	20,6	3,9	2,1	3,6	16,1	11,4	3,3	13,1
6	17,3	3,9	0,9	2,6	15,3	11,1	3,6	11,5

Ce matériel végétal ainsi produit par une culture de Patate douce s'agissant des tubercules, est destiné, en priorité à l'alimentation :

- alimentation humaine, pour les variétés sélectionnées à cet effet
- alimentation des élevages, pour les autres variétés

Utilisation des parties aériennes

S'agissant des parties aériennes, deux utilisations ont été envisagées :

- l'alimentation des animaux

Les parties aériennes d'une culture de Patates douces peuvent être utilisées pour l'alimentation des animaux, donnant à 4 mois 2 à 3,5 Tonnes/ha de M.S. titrant 12 à 15 pour cent de protéines.

- La confection de fumier artificiel

Les parties aériennes récoltées sur une culture de patates douces peuvent permettre de fabriquer 1250 kg de fumier artificiel soit 12,5 T/ha de fumier dont la composition est la suivante : H₂O %, 27,95 ; Matière organique %, 19,1 ; Azote %, 0,757 ; C/N, 14,6 ; PH, 7,2 ; Cations échangeables (meq/100g), 63,85 %.

CONCLUSIONS : IMPACT SUR LE DEVELOPPEMENT

Décidés en vue de servir d'appui à une relance éventuelle de la production de patates douces en Polynésie Française ces travaux d'expérimentation ont permis :

- de sélectionner le matériel végétal le mieux adapté aux conditions locales,

- . pour l'alimentation des animaux (40 à 50 T/ha de tubercules à 4-5 mois, 2 à 3,5 T/ha de "fourrage" à 12 - 15 % de protéine).

- de définir les techniques culturales de base permettant à l'agriculteur de tirer le meilleur revenu de son travail.

S'agissant des variétés, un catalogue de toutes les variétés disponible a été réalisé et diffusé, tandis que les meilleures variétés, conservées en collection sur les Stations de Papara et Taravao, ont été diffusées auprès des diverses Station du Service de l'Economie Rurale et auprès des divers centres de formation agricole dans les principaux archipels.

S'agissant des techniques culturales, une fiche technique illustrée et un film vidéo couleur réalisés tous deux en version française et en version tahitienne ont été préparés en vue de servir de support à l'action de vulgarisation programmée en collaboration avec le Service de l'Economie Rurale et la Chambre d'Agriculture.

Certes des recherches complémentaires doivent être conduites, notamment en ce qui concerne la lutte contre les charançons et la fertilisation d'une part, la valorisation du tubercule par une éventuelle transformation d'autre part, et l'aménagement de circuits de commercialisation adaptés enfin.

Mais en attendant, les travaux réalisés par la Mission GERDAT-IRAT de 1978 à 1984 constituent une base solide pour une relance significative de la production des Patates douces en Polynésie Française.

VARIETES LOCALES SELECTIONNEES

Classe- ment	Nom de la variété	Saison de plan- tation recom- mandée	Age op- timum à la ré- colte (mois)	Rendements moyens to- taux (T/ha)	Tubercules			Appréciation gustative (1 = Très bien à 5 = Très médiocre)
					Poids moyen	Coloration		
						Peau	Chair	
1	MAAREVA	Mai-Juin	5 mois	40,7 T/ha	281g	Crème	Jaune	1-2
2	AU MAIRE PAPARA	Février-Mars	6 "	29,7	173	Mauve	Jaune	1-2
3	TORU AVAE RAROTOA	Mai-Juin	5 "	24,7	182	Mauve	Jaune clair	2
4	VEHI	Mai-Juin	5 "	23,9	241	Mauve	Jaune	1
5	MAUTINI	Mai-Juin	6 "	21,4	115	Orange- Rose	Carotte	2-3
6	POHUE	Mai-Juin	6 "	18,9	214	Beige	Jaune	2
7	VAREAU TARATARA	Février-Mars	6 "	18,3	309	Violet	-	2
8	RAPA TARAVAO	Mai-Juin	5 "	13,8	287	Crème	Jaune	2
9	AU MAIRE VAREAU	Mai-Juin	6 "	11,3	214	Jaune	Jaune	1
10	REA MOA TEREI	Sept.-Octobre	5 "	11,2	210	Chamois	Jaune	2
11	VAREAU MENEMENE	Février-Mars	6 "	10,9	131	Mauve	Violet	3-4
12	TORU AVAE PAPARA	Février-Mars	5 "	9,8	210	Mauve	Jaune	1
13	AU MAIRE TEREI	Mai-Juin	5 "	8,6	229	Mauve	Jaune	2
14	AU MAIRE RAPA	Sept.-Octobre	5 "	7,5	203	Mauve	Jaune	2
15	AU MAIRE RACERE	Mai-Juin	6 "	7,3	110	Beige	Jaune clair	3-4
16	RARAHU	Sept.-Octobre	6 "	6,0	147	-	-	-
17	REA MOA HUAHINE	Mai-Juin	6 "	4,6	159	Orange- Rose	Carotte	2
18	REA MOA	Mai-Juin	6 "	3,2	135	Beige	Jaune	2-3
19	ATA MENEMENE	Mai-Juin	5 "	1,8	86	Mauve	Jaune	2-3

ACHIEVING YIELD STABILITY IN SWEET POTATO BY SELECTING FOR TRANSLOCATION POTENTIAL IN ADVERSE ENVIRONMENTS

*(Parvenir à la stabilité du rendement chez la patate en sélectionnant
pour le potentiel de translocation des milieux adverses)*

M.J.J. JANSSENS

C/O INERA

BP 2037

Kinshasa I.

ZAIRE

SUMMARY

Due to large genotype by environment interactions, the sweet potato breeding programme in Burundi has been subdivided into four altitudinal regions. The corresponding test sites are viz. ; Imbo-Centre (830 m), Moso (1260 m), Mahwa (1835 m), and Kisozi (2090 m). In each test site an approximately same amount of seed from common genetic background was sown in nurseries and the seedlings were transplanted to the selection field. After two successive harvests with a selection of 10 per cent intensity each all selected clones from the four sites were grouped together and advanced into a multilocal preliminary yield trial, using the same sites, to which a swamp site, Murongwe (1470 m) was added. Unexpected results were recorded in view of the disruptive selection method used so far. Clones originally selected at Mahwa had greater yield potential and better environmental adaptability as a rule.

Two main reasons are put forward : (1) Mahwa combines low-elevation diseases (viroses) with high-elevation diseases (alternariosis) ; (2) although plant growth was vigorous and soil texture (heavy but rich in organic matter) appropriate for tuber enlargement, translocation conditions were adverse (low temperature, high humidity, and desaturated soils). Hence, stable clones are good "translocaters" combining wide disease tolerance.

RESUME

Le programme de sélection de la Patate au Burundi a été subdivisé en 4 régions altitudinales : Centre-Imbo (830 m), Moso (1260 m), Mahwa (1825 m) et Kisozi (2090 m). Dans chaque site on a mis en pépinière la même quantité de graines de même origine génétique, et les plantules ont été repiquées au champ. Une pression de sélection de 10 pour cent a été appliquée à chacune des deux cultures successives sur ces sites. Les clones alors retenus ont été regroupés et envoyés en essais multiloaux préliminaires de rendement sur la même série de localités. Les clones sélectionnés à Mahwa montrèrent dans l'ensemble la plus grande stabilité. (1) Mahwa associe des maladies de plaine (viroses) à des maladies d'altitude (alternariose) ; (2) bien que la croissance y était vigoureuse et la texture du sol (léger et riche en matière organique) adaptée au grossissement du tubercule, les conditions de translocation y étaient limitantes (faible température, forte humidité, sols désaturés). Ainsi, les clones stables se révèlent être de bons "translocateurs" combinant une large tolérance aux maladies.

INTRODUCTION

Sweet potato production has been found to be sink limited by HAHN (1977). JANSSENS (1984) however contented that sink limitation only occurs in fertile environments, and that source limitation is inherent to marginal environments, whilst translocation limitation is governing sweet potato production wherever environmental conditions are unbalanced.

Environmental exposure of newly created sweet potato clones can be done either at an early stage of a selection cycle (JANSSENS, 1982) or at a final stage (HAHN, 1982). In the sweet potato, population breeding has been proposed as an effective way of meeting specific breeding objectives (JONES, 1965), some of them coinciding with adaptation to a particular environmental niche (JANSSENS, 1982).

The present study investigates whether environmental stability may be linked to the translocation potential of the sweet potato.

MATERIAL AND METHODS

A multilocal preliminary yield trial, comparing 59 newly selected clones to three check varieties, was established in Burundi at the end of the 1984 rainy season. The five test sites were located at elevations ranging from 830 m to 2090 m and had widely varying pedologic and climatic conditions (Table 1). Within each site three randomized blocks were used, each sweet potato clone being allotted to a 1m² hill plot. Planting density was eight cuttings/m² i.e. three

Table 1. Agro-ecological conditions of the five experimental sites

Site	Altitude (m)	Planting date	Soil (USDA- classification)	Annual	means	t° (°C)	t° _{min} (°C)
				ET _o (1) (mm)	Precipit. (mm)		
Imbo-Centre	830	04.28.84	Plinthaqualf	1805	810	23.9	17.7
Moso	1260	04.23.84	Haplustox	1400	1206	21.1	14.2
Murongwe	1470	05.03.84	Undetermined alluv. soils	1355	1341	19.0	11.7
Mahwa	1835	04.27.84	Sombrihumox	1275	1398	16.5	9.1
Kisozi	2090	04.27.84	Sombrihumox	1365	1492	16.2	10.8

(1) PAN evaporation

cuttings at the top of the hill plot and five at the bottom. Trials were harvested when the sum of temperatures was about 3700 which corresponded to 5½ months at 830 m up to 8 months at 2090 m of elevation.

The three check varieties were viz., TIS2498DB well adapted to the lower range of altitude, RUSENYA well adapted to the higher elevations, and NSASAGATEBO with good overall environmental adaptability. The other 59 clones came from a disruptive phase of a selection cycle conducted under four different environments, respectively Imbo-Centre (830 m), Moso (1260 m), Mahwa (1835 m) and Kisozi (2090 m). Seed coming from common seed gardens was divided in four approximately even lots and sown in seedling nurseries within each of the above mentioned environments. At the 6-8 leaf stage the surviving seedlings were transplanted to the selection field (Phase I) and at harvest the 10 per cent best clones were immediately cloned up in a randomized block experiment (Phase II), always within each respective site. At harvest, again a selection intensity of 10 per cent was applied, leaving about 1 per cent from the initial population (Table 2). These 59 clones were grouped together into a multilocal preliminary trial using the same four selection environments to which a swampy environment, Murongwe (1470 m) was added. The material comprised four groups of clones belonging to the second selection cycle (1982-83) and one group from a first selection cycle conducted in the Moso in 1981-82.

From the different observations made, only fresh tuber yield will be reported here. Because of unequal number of clones within each selection group (Table 2), ordinary one-way analysis of variance was used. Moreover, the genotype by environment effects i.e. selection groups x test sites, were plotted against elevation.

RESULTS AND DISCUSSION

According to the F-tests, differences between groups with regard to fresh tuber yield were significant ($p=.05$) in the Moso and highly significant ($p=.01$) in the four other sites. Similarly, a highly significant F-test for site means was recorded. Group performances within each site are given in Table 3.

The Mahwa 83 group (0.98 kg/m^2) was superior to all other groups, and its superiority was consistent across all environments except in the Moso and in Kisozi where it was equal to the check group and the Kisozi group. The Mahwa 83 group yielded particularly well in the Murongwe swamp (1.66 kg/m^2). Unexpectedly, some selection groups yielded poorly in their respective sites of origin as e.g. Imbo 83, Moso 82 and Moso 83 suggesting that specific environmental adaptability does not necessarily include yield potential as well.

Table 2. Composition of the multilocal preliminary yield trial (PYT)

Selection environment	Selection year	Selection cycle	Population size		Number of clones advanced to PYT	Selection intensity (%)
			Phase I	Phase II		
Moso	1982	1st	859	122	15	1.7
Imbo-Centre	1983	2nd	1678	117	13	0.8
Moso	1983	2nd	1739	152	16	0.9
Mahwa	1983	2nd	1325	104	12	0.9
Kisozi	1983	2nd	961	54	3	0.3
Totals			6562	549	59	0.9

Table 3. Fresh tuber yield (kg/m²) of five selection groups in five sites

Selection group (a)	Site	Imbo- Centre	Moso	Murongwe	Mahwa	Kisozi	Group means	LSD _{.05} (sites)
Check (3)		0.30	0.37	1.22	0.60	0.76	0.66	0.50
Moso 82 (15)		0.63	0.24	0.71	0.40	0.41	0.49	0.22
Imbo 83 (13)		0.39	0.29	0.41	0.55	0.35	0.41	0.24
Moso 83 (16)		0.67	0.25	0.88	0.60	0.43	0.58	0.22
Mahwa 83 (12)		0.99	0.44	1.66	0.95	0.70	0.98	0.25
Kisozi 83 (3)		0.61	0.37	1.04	0.89	0.69	0.74	0.50
Site means (62)		0.65	0.30	0.92	0.63	0.49	0.62	0.11
LSD _{.05} (groups)		0.16-0.36	0.11-0.24	0.21-0.49	0.14-0.31	0.11-0.25	0.10-0.22	

(a) Number of clones between brackets

In Figure 1 the G X E effects are plotted against altitude. For the Kisozi 83 group, G X E effects are increasing with increasing elevation as would be expected. The Mahwa 83 group on the contrary has G X E effects which are proportional to the environmental index with a high positive effect in the Murongwe swamp. The Moso 83 group can be characterized as a very stable group having only negligible G X E effects (Figure 1). It is deceiving to note that none of the selection groups had highly positive G X E effects in their respective sites of origin. Apparently, a disruptive selection stage in the selection cycle has not been very effective in identifying clones which would be specifically adapted to their respective environment of selection in terms of yield potential. And yet the information gathered on the performances of selection groups in test sites outside their respective environments of selection can be very informative. The three selection groups Imbo 83, Moso 82, and Moso 83 which were selected in environments with frequent drought stresses, showed no negative G X E effects in Kisozi. Hence, drought resistance mechanisms appear to coincide at least partly with cold resistance. The superior behavior of the Mahwa 83 group in the Murongwe swamp points to the fact that these clones possess a strong translocation potential, as swampy conditions favor vegetative growth (CONSTANTIN *et al.*, 1974 ; HAHN, 1977 ; JANSSENS, 1984 and MARTIN, 1983). Moreover, the G X E effects in Murongwe reflect the overall performances of the selection groups, the most productive group, Mahwa 83 (0.98 kg/m²), having the highest positive G X E effect, and the least yielding group, Imbo 83 (0.41 kg/m²) having the most negative G X E effect (Figure 1). Hence, the Murongwe swamp conditions during the 1984 dry season were appropriate to identify not only the translocation but also the production potential of the five different selection groups. Finally, the Murongwe environment indicated that the Mahwa 83 selections had good translocation potential, and hence, that the latter clones originated from an environment where translocation conditions were adverse. Mahwa has the climatic conditions of a high plateau. Average yearly minimum temperature is only 9.1°C (Table 1). SPENCE & HUMPHRIES (1972) have demonstrated that tuberisation process is stopped below 10°C. The low yearly PAN evaporation (1275 mm) is not conducive of a high metabolic activity. Moreover, the highly desaturated Sombrihumox soils with strong Phosphorus deficiency (Table 1) are all inhibiting the normal translocation process in the sweet potato. Finally, the Mahwa environment combines high elevation diseases as Alternariosis, with low elevation diseases as viroses.

From Figure 1 it appears that the Mahwa 83 group was highly unstable and yet in a practical way it can be considered as an environmentally stable group as in each test site it produced either better than or least as well as the other groups.

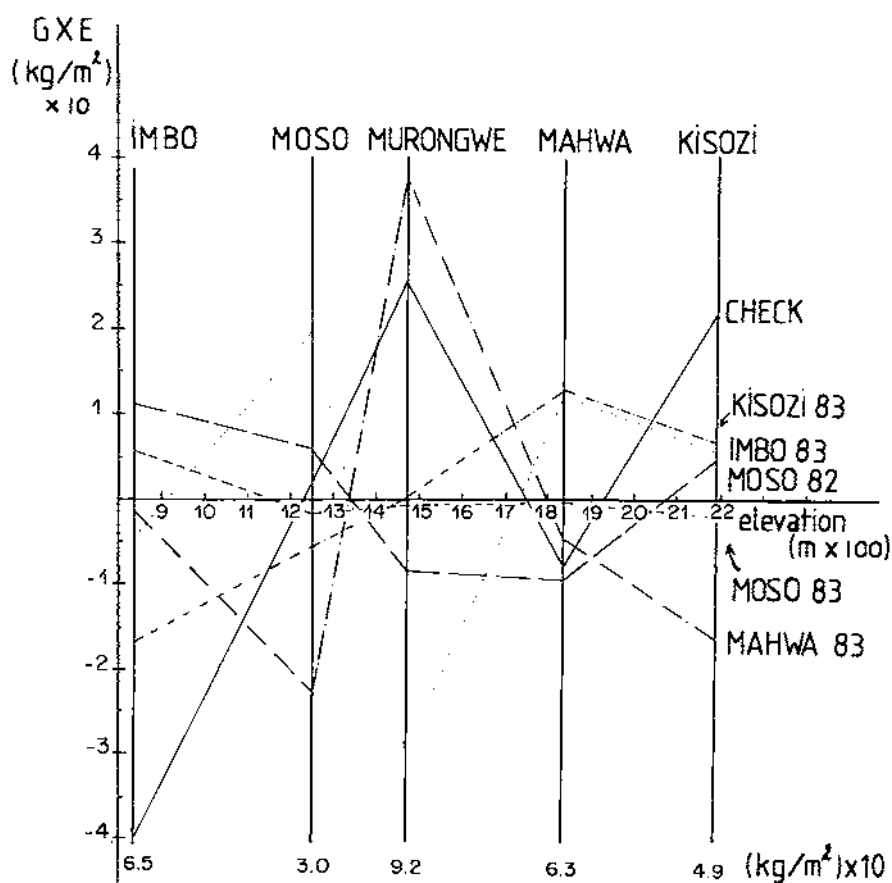


Fig.1 : The GXE effects (selection group x test site)
for fresh tuber yield plotted against elevation

CONCLUSIONS

Selecting in an environment where translocation conditions are adverse is a good way of identifying sweet potato clones which combine translocation potential with environmental adaptability.

ACKNOWLEDGEMENTS

Technical assistance from M. NTIMPIRANGEZA and D. BARIYOBERWA is readely acknowledged.

REFERENCES

- CONSTANTIN R.J., HERNANDEZ T.P., JONES L.G., 1974.- Effects of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99:308-310.
- HAHN S.K., 1977.- Sweet potato. In : Ecophysiology of Tropical Crops. ALVIM P.T. & KOZLOWSKI T.T. (Eds.), Academic Press, Inc., New York. pp. 237-248.
- HAHN S.K., 1982.- Research priorities, techniques, and accomplishments in sweet potato breeding at IITA, In : Root Crops in Eastern Africa. Proc. Workshop Kigali, Rwanda, 23-27 Nov. 1980. pp. 23-26. IDRC, Ottawa, Canada.
- JANSSENS M.J.J., 1982.- Sweet potato improvement in Rwanda, In : Root Crops in Eastern Africa. Proc. Workshop Kigali, Rwanda, Nov. 23-27, 1980. pp. 27-32. IDRC, Box 8500, Ottawa, Canada.
- JANSSENS M.J.J., 1984.- Progeny studies and genotype x environment interactions for yield and other characters in sweet potatoes, *Ipomoea batatas*, L. Ph.D. Dissertation. pp. 141. Dept. Hort., Louisiana State University, Baton Rouge, USA.
- JONES A., 1965.- Proposed breeding procedure for sweet potato. Crop Science, 5:191-192.
- MARTIN F.W., 1983.- Variation of sweet potatoes with respect to the effects of waterloggings. Trop. Agric. (Trinidad) 60:117-121.
- SPENCE J.A. & HUMPHRIES E.C., 1972.- Effect of moisture supply, root temperature, and growth regulators on photosyntheses of isolated root leaves in sweet potato (*Ipomoea batatas*). Ann.Bot. (London) (N.S.) 36:115-121

CHARACTERISATION, CLASSIFICATION AND PRELIMINARY EVALUATION OF SWEET POTATO ACCESSIONS IN ST. LUCIA

*(Caractérisation, classification et évaluation préliminaire
de cultivars de patate à Ste. Lucie)*

M.M. RAO and C. GEORGES

CARDI
P.O. Box 971
CASTRIES
ST. LUCIA, W.I.

SUMMARY

A total of 54 accessions of sweet potato (*Ipomea batatas*(L.) Lam) were collected island-wide and grown under uniform field conditions. After thorough screening at the end of the first crop season, it was found that there are as many as 46 distinct cultivars in St. Lucia. These cultivars were classified into different categories based upon vine pigmentation, storage-root skin colour and flesh colour, crop duration and yield. The characteristics of all these cultivars were documented for ready reference and comparison against possible new introduction.

RESUME

Un total de 52 acquisitions de patate a été collecté à travers l'île et mis en culture dans des conditions de terrain uniforme. A la fin de l'année le tri soigneux établit l'existence de 30 cultivars distincts à Ste-Lucie seulement. Ces cultivars sont classés à partir de la coloration des lianes, des racines tubérisées (peau et chair), de la durée du cycle et du rendement. Les caractères de tous sont enregistrés pour être rapidement utilisés et prévenir des introductions identiques.

INTRODUCTION

The cultivation of sweet potato is widespread in St. Lucia because it forms a source of food for most farm households. This same tuber crop provides a major farm activity in the south-western parts of St. Lucia (agro-ecological zones IV and V), consequently, its contribution to farm family

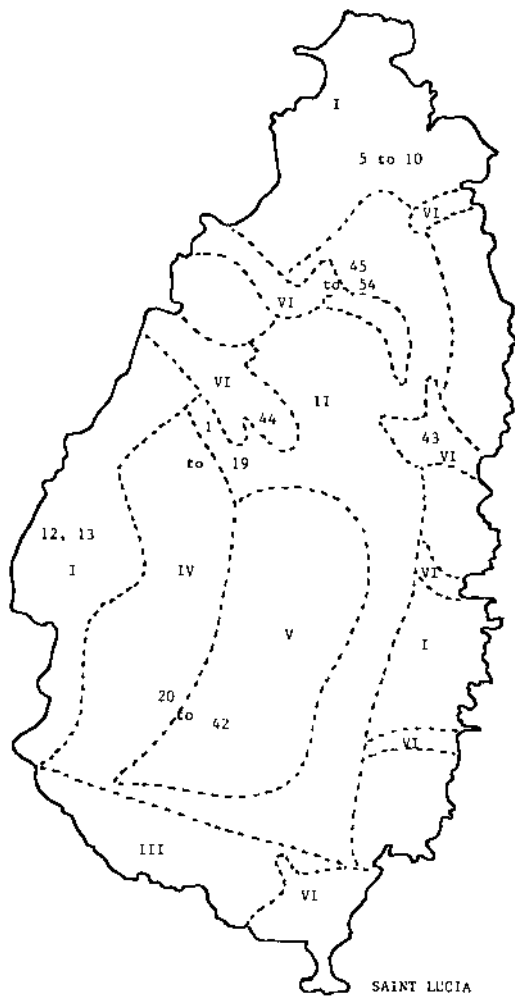


Fig.1 : Map showing the collection sites of sweet potato accessions in St Lucia

income is considerably high. A market study also revealed that of all the root crops, the volume of sweet potatoes, sold in the supermarkets and the central market and purchased by hotels, was the highest (Chase, personal communication). A reconnaissance Survey of the major sweet potato production areas was carried out (CHASE et al, 1985) to determine the production constraints and the agro-socio-economic environment of the sweet potato farmers. The results of this survey indicated (i) the presence of multiple names for the same cultivar and (ii) that different cultivars are referred to by the same name in different places. This underlined the urgent need to collect and characterize the entire sweet potato germplasm in the island.

MATERIALS AND METHODS

Sweet potato germplasm was collected during the period October-November, 1984, by careful observation and by visiting the major sweet potato growing areas in the island. In all cases, vegetative material (10 - 15 slips each measuring 15-20 cm) was collected from the field and planted at the la Ressource Field Station for characterization and preliminary evaluation. The sites of collection of sweet potato germplasm are shown in Fig. 1 and their local names are given in Table 1. The characteristics of different agro-ecological zones of St. Lucia are presented in Table 1A. Each accession was planted on separate ridges 1m apart with an intra-row spacing of 50 cm and the germplasm was grown with no fertilizer. The sweet potato accessions were characterised from January to June 1985 following the descriptors for sweet potato (IBPGR, 1981). The tubers were harvested when the leaves turned yellow or by digging a couple of plants for tuber maturity.

RESULTS AND DISCUSSIONS

During crop growth, extensive data on both quantitative and qualitative characters were collected on all sweet potato accessions. However, only the following six characters were used, because it is believed that the others may vary depending upon tuber maturity and soil fertility, to compare the similarities among different accessions.

- i. mature leaf lobing,
- ii. vine pigmentation
- iii. storage root skin colour
- iv. storage root flesh colour
- v. crop duration
- vi. tuber yield

From the data presented in Table 2, it is apparent that there are a few accessions showing similarities and it is

Table 1: Local names of Sweet Potato Accessions collected from different
Agro-ecological zones in St. Lucia

AGRO-ECOLOGICAL ZONES					
I	II/IV	II/VI	III/IV/V		VI
6. Sis-semen	1. Arsoon	37. St. Vincent	13. Auguste	31. Octavi	42. Lean Fin
7. Ma-Eddie	2. Ma-Charley	38. Vaval Grand Orielle	14. Ma-Ba-Lim	32. Day None	43. IITA
8. Pesar	3. Allen	39. Amaibait	15. Osmayid	33. Na-Do	
9. A 26/7	4. Levernome	40. St. Joseph	16. Labourie	34. Semacent	
10. Catale	5. Osmayde	41. Tanyo	17. Petit Blanc	35. Harry	
11. Patat Rouge	19. Go-lo	49. Timan	18. Ba Bard	36. David	
12. Patat Blanc	20. St. Vincent	50. Bethel	25. Chase	44. Govedma	
	21. Unknown	51. Bois Duboit	26. Patat Zabico	45. Vaval	
	22. Zo-noir	52. Leg man	27. Magritt Blanc	46. Jerusalem	
	23. Dominique	53. Cushelish	28. Go-Blanc	47. Black Bay	
	24. Unknown	54. Line	29. Fa-Day week		
			30. Patat-T-Fie	48. Dan	

Table 1a : Characteristics of different agro-ecological zones of St. Lucia

Agro-ecological Zone	Altitude (m)	Annual Rainfall (mm)	No. of dry months	Soils
I	< 150	<1800	2 - 4	Heavy, shallow, montmorillonitre clay
II	150 ~ 500	1800 - 2500	1 - 2	Intermediate, Latosolics and polysoils
III	< 150	< 1800	3 - 4	Heavy, montmorillonitic with clay pan
IV	150 ~ 600	2000 - 2500	1	Brown, latosolics
V	300 - 900	> 2500	NIL	latosolics
VI	30	1800 - 2500	2 - 4	Alluvial

Table 2: GROUPING OF SWEET POTATO ACCESSIONS

Accession Number	Mature Leaf Lobing				Vine Pigmentation		Storage root skin colour					Storage root flesh colour				Crop duration			Tuber yield				
	N	S	M	D	G	P	PK	PP	W	C	R	B	Y	C	W	O	Sh	Me	Lg	H	Md	Lo	
1				+		+								+			+				+		
2	+					+								+			+				+		
3	+						+							+			+					+	
4				+				+						+			+				+		
5	+					+															+		+
6				+					+						+			+				+	
7				+		+				+				+				+				+	+
8	+					+					+			+					+			+	
9	+					+						+			+		+				+		
10	+					+							+	+					+				+
11				+		+		+						+					+			+	
12	+					+		+						+					+			+	
13				+		+			+					+					+			+	
14	+					+			+					+					+			+	
15	+					+			+					+					+			+	
16	+					+			+					+					+			+	
17				+		+			+					+			+				+		
18				+		+			+					+				+			+		+
19	+					+			+					+			+				+		
20				+		+			+					+				+			+		+
21				+		+			+					+					+		+		
22				+		+			+					+					+			+	
23	+					+				+				+					+			+	
24				+		+				+				+	+		+				+		+
25	+					+				+				+					+		+		
26	+					+			+					+				+					+
27	+					+			+					+					+				
28		+				+		+						+					+				+
29				+		+			+					+					+			+	
30				+		+			+					+				+			+		
31	+					+			+					+					+			+	
32				+		+		+						+					+			+	+
33	+					+			+					+					+			+	
34				+		+			+					+				+			+		
35				+		+			+					+				+			+		
36	+					+			+					+					+				+
37		+				+					+			+				+					+
38	+					+		+						+				+			+		
39	+					+					+			+				+			+		
40				+		+			+					+				+			+		
41				+		+			+					+				+			+		+
42				+		+			+					+				+			+		+
43				+		+					+			+					+		+		
44				+		+			+					+					+		+		
45		+				+			+					+				+			+		
46			+			+					+			+				+			+		+
47		+				+			+					+				+			+		
48		+				+			+					+				+			+		
49	+					+								+				+			+		+
50	+					+								+				+			+		
51				+		+					+			+				+			+		+
52		+				+		+						+				+			+		
53		+				+		+						+				+			+		
54				+		+		+						+				+			+		

N: None, S: Slight, M: Moderate, D: Deep, G: Green, P: Moderately purple to purple, PK: Light pink to pink, PP: Light purple to purple, W: White, C: Cream, R: Red, B: Brown, Y: Yellow, O: Orange, Sh: Short (< 150 days), Me: medium (150-210 days), Lg: Long (> 210 days), H: High (> 400g/plant), Md: moderate (200-400g/plant), Lo: Low (< 200g/plant).

Table 3: Sweet Potato Accessions with similar Characteristics

Accession Number	Local Name	Agro-ecological Zone	Characteristics					
			Mature Leaf Lobing	Vine Pigmentation	Storage root skin colour	Storage root flesh colour	Crop duration (days)	Tuber yield (g/plant)
6	Sis-semen	I	Deep	Moderately purple to purple	Light purple to purple	White	Medium (150-210)	Moderate (200-400)
29	Fa-Day week	IV/V						
34	Semacent	IV/V						
35	Harry	IV/V						
18	Ba Bard	IV/V		Moderately purple to purple	Light purple to purple		Medium (150-210)	Low (<200)
20	St. Vincent	II/IV	Deep			White		
41	Tanyo	II/VI						
27	Magritt Blanc	IV/V	None	Green	White	White	Medium (150-200)	Moderate (200-400)
31	Octavi	IV/V						
12	Pata Blanc	I	None	Green	Light purple to purple	White	Long (>210)	Moderate (200-400)
14	Ma-Ba-Lim	IV/V						
30	Patat-T-Fie	IV/V	Moderate	Green	Light purple to purple	White	Medium (150-210)	Moderate (200-400)
54	Line	II/VI						

likely that these accessions are the same (Table 3). It is also evident that there are multiple names for some cultivars either within the same or different agro-ecological zones. This multiple naming is more prevalent in zones IV and V because it is in these zones that sweet potatoes are cultivated extensively.

There seems to be a vast diversity in the sweet potato germplasm in St. Lucia. The matured leaves of about 40 per cent of the sweet potato accessions showed no lobing. About half the accessions had green vines, the other half having moderately purple to purple pigmentation (Table 2). Thirty-nine percent of the accessions had a storage root skin colour of light pink to pink, while the storage root flesh colour of about 60 per cent of the accessions was white. The percentage of accessions with short duration (<150 days), medium (150-210 days) and long (>210 days) duration was 14.8 per cent, 44.4 per cent and 40.8 per cent, respectively, while those with high (>400 g/plant), moderate (200-400 g/plant) and low (<200 g/plant) tuber yield was 27.8 per cent, 46.3 per cent and 25.9 per cent respectively. Most (87.5 per cent) of the short duration cultivars are high yielded while medium and long duration cultivars are either moderate or low yielders.

There appears to be no correlation between the accession characteristics and agro-ecological zones.

PRACTICAL IMPLICATIONS

This characterisation exercise helped to identify sweet potato cultivars with short duration and high yield together with storage root skin colour and flesh colour. These cultivars will be evaluated, multiplied and distributed to farmers in order to satisfy export market.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Dr. J.L. HAMMERTON for going through the manuscript critically and for making useful suggestions, Mr. C. FLAVIUS for his able assistance in the field, Mr. E.K. EDDY for his guidance in computer handling and Ms. E. ALEXIS for careful typing of this paper.

REFERENCES

- CHASE V, FRANCIS R., GEORGE C., PILGRIM R. and RAO M.M. (1985). Farming Systems Approach in Sweet potato research and development in St. Lucia. A paper presented at a Scientific Colloquium on Caribbean Farming Systems and Alternatives for Development held in Martinique from May 9 - 11, 1985.
- IBPGR (1981). Genetic Resources of Sweet potato, International Board for plant Genetic Resources Secretariat, Rome, February, 1981.

GENETIC AND PHYSIOLOGICAL BASIS FOR BREEDING
AND IMPROVING THE SWEET POTATO

*Bases Physiologiques et Génétiques de Sélection et d'Amélioration
de la Patate*

Franklin W. MARTIN

Tropical Agriculture Research Station
Box 70, Mayaguez
PUERTO RICO 00709, USA

SUMMARY

Sweet potato is a trailing vine of the tropics and of temperate summers that produces an edible storage root. In this review the physiological and genetic basis for improving the sweet potato are discussed. The sweet potato is daylength sensitive, and flowers chiefly during short days. The species is self incompatible, and in addition partially sterile. It is a hexaploid probably of origin from two or more species. Pedigree methods of plant breeding have been useful but are labor intensive. Mass selection is described as the technique of choice. It consists of selecting 20 or more individuals with the best expressions of the characteristic desired, stimulating them to flower in a polycross block and crossing by honeybees. Seeds produced are germinated for the next round of selection, and the process is repeated. This results in rapid accumulation of major dominant genes, and slower accumulation of others.

RESUME

La Patate est une liane rampante des tropiques et des saisons estivales tempérées qui produit un tubercule comestible. Dans cet article de synthèse les bases génétiques et physiologiques de l'amélioration de la Patate sont discutées. La Patate est sensible à la durée du jour et fleurit surtout en jour court. L'espèce est autoincompatible et de plus partiellement stérile. C'est un hexaploïde probablement issue de deux espèces au moins. Les méthodes de sélection pédigrées ont été utiles mais sont fastidieuses. La sélection massale est présentée comme la méthode par excellence. Elle consiste à sélectionner 20 individus ou davantage possédant la meilleure expression de la caractéristique désirée, à stimuler leur floraison en polycross avec pollinisation par des abeilles. Les graines obtenues sont mises en germination pour le cycle de sélection suivant, et le processus se répète. Il s'en suit une

accumulation des gènes majeurs dominants et l'accumulation plus lente des autres.

INTRODUCTION

The sweet potato is 6th or 7th in food production among all food of the world (FAO, 1980). However, about 2/3 of the world production is utilized in one country, China (Villareal, 1982). Sweet potato is a staple food only in Papua New Guinea where daily consumption of several kilograms is not unusual (Garrett, 1974), and in a few isolated areas of the tropics. Although the sweet potato is well distributed throughout the tropics and warmer parts of the temperate zone. However it is seldom a daily food and is often replaced at the table with other foods when family income rises.

Reluctance to eating of sweet potato may be due to several factors (Tsou and Villareal, 1982), not only interest in a varied diet, but also disdain, the attitude that sweet potato is a poor man's food (this reflects the fact that sweet potato is easy to produce). Sweetness itself may be a deterrent. A sweet dish is hardly likely to become a staple one. Sweet potatoes often have distinct flavors that do not appeal to everyone. Finally, sweet potatoes produce gas (flatulence) in some persons, and this may be painful as well as socially distressing.

Development of better sweet potatoes is important to the improvement of their image and utilization. The taste and preference for currently existing varieties varies tremendously (Lin, et al., 1983). There appears to be a growing interest in non-sweet or low-sweet sweet potatoes, types that now can be considered only in the experimental stage (Villareal, 1982). Furthermore, there is considerable promise in sweet potato as an industrial substrate, especially for alcohol production.

Improvement of the sweet potato requires an understanding of what the sweet potato is and what it can be. There is both a physiological and a genetic basis for this understanding.

PHYSIOLOGY OF THE SWEET POTATO

The sweet potato, *Ipomoea batatas* (L.) Lam., is a trailing vine of the morning glory family (Convolvulaceae) characterized by its succulent, edible tuberous storage roots. Sweet potatoes are propagated principally from cuttings obtained from sprouted roots of from established vines. Plants are seldom more than 0.5 meters in height but if given space may cover several square meters with dense foliage. The cropping season is short, 3 to 6 months.

Sweet potato is tropical in origin and needs a hot

climate for adequate growth. However, because of its short growth period, it is often grown during summers in the temperate zone. Cool weather, including cool nights, significantly retard growth and storage root production. Adaptation of the sweet potato to the temperate zone requires heated storage of roots during the winter, followed by resprouting of the roots, often with the stimulation of applied heat, to obtain planting material. In the tropics sweet potatoes are almost always propagated from cuttings of the vines. Where weather is warm enough, the sweet potato can be grown at any time of the year.

Growth of the sweet potato is closely related to the availability of sufficient water. Water and adequate aeration are particularly important during the establishment of the cutting. The tuberized roots form from specialized roots arising from the cutting. If moisture is critical during the first few weeks of growth, these roots become lignified, and will not enlarge (HAHN, 1975). However, once the root system is well developed, sweet potatoes can tolerate drought well, and are often considered to be drought resistant.

Most sweet potato cultivars are daylength sensitive. Short days promote flowering and storage root growth (PORTER, 1979). The effect of daylength vary among varieties; and it is seldom possible in a given case to distinguish between the effects of daylength and of other cultural and environmental factors except in careful experiments.

Sweet potatoes are often produced without added fertilizer. They need nitrogen, however, for initial growth of foliage. An excess of nitrogen can lead to overdevelopment of foliage, and thus shading of the lower leaves. This, then, results in underdevelopment of roots. Potassium is of great importance, particularly during the period of storage root growth (Tsuno and Fujise, 1965). Sweet potatoes are efficient in use of phosphorous, and this nutrient seldom limits production.

The production cycle of the sweet potato must be considered seriously modified from a true annual cycle, whether in the temperate zone or the tropics. The storage root can be regarded as a mechanism for survival of the plant during adverse times, especially during the annual dry season. Nevertheless, the root has no clearly established resting period, and will readily resprout after the foliage is removed or after harvest. The growth of sweet potatoes under natural conditions has not been described.

The cycle of the cultivated sweet potato is well known. The cutting passes through a critical period of adjustment when roots that will become tuberized are initiated, and when the plant adjusts to its new environment (WILSON and LOWE, 1973). The foliage develops rapidly following a typical sigmoid curve. As the foliage reaches its peak and begins to decline, the rate of tuberization increases.

Finally, a state is reached in which the foliage has been debilitated, and the storage root grows little if at all. Although theoretically the sweet potato root can continue to enlarge indefinitely, in actual practice it reaches a maximum size. This maximum size occurs after an optimum size when shape and quality are at their best. If sweet potatoes are left longer in the field, growth defects such as cracking increase.

Sweet potatoes often, or perhaps under field conditions, are always infected by viruses which can limit foliar and root growth under certain conditions. Some varieties are much more tolerant to viruses than are others. The evidence suggests that during vigorous growth of the sweet potato the plant grows more rapidly than the virus multiplies, so that the virus charge or titer decreases, and there may be no symptoms. However, under any conditions that slow down the growth of the plant, the virus titer may increase and the virus itself may then limit further growth. A given clone may become so charged with virus that practical production is no longer possible. By furnishing excellent growing conditions it appears possible to reclaim a diseased variety. Meristem tip culture can also be used for this purpose.

One frequently reads, especially in the older literature, about the running out or the running down of varieties. There is no evidence at the present time that this is anything more than a poor physiological state of the plant and/or a heavy virus infection. Spontaneous mutations do occur, however, but the evidence is not clear whether they contribute to varietal degeneration. Thus, it is possible to improve the sweet potato from a purely physiological standpoint.

The techniques for such physiological improvement include maintaining beds of sweet potatoes as sources of cutting, fertilizing, watering, and controlling pests in such beds, taking cuttings when the plants are growing vigorously, about 2-3 months of age, using only the 30-50 cm of the tip of the vine as cuttings. These tasks should normally be in the hands of the farmer himself, and they are task that must be done on a continuous basis.

Yields depend on many other factors, of course, but these will not be discussed here.

REPRODUCTIVE BIOLOGY OF THE SWEET POTATO

The sweet potato, *Ipomoea batatas* belongs to a genus characterized by chromosome numbers built on multiples of 30 ($2X=30$). Within the section *Batatas* normal chromosome numbers are 30 (diploid), 60 (tetraploid) and 90 (hexaploid). Twelve species (see table 1) have been studied extensively in an attempt to unravel their relationships, especially with respect to the origin of the sweet potato, a hexaploid. While not all experts have reached the same conclusions,

Table 1. The species and hybrids of section Batatas, genus *Ipomoea* (adapted from Austin, 1983).

Species	Chromosome number	Geographical range
<i>I. trichocarpa</i> Elliott	30	North and South America
<i>I. lacunosa</i> Linn.	30	Eastern USA
<i>I. x leucantha</i> Jacquin	30	Widespread in the tropics and the temperate zone
<i>I. triloba</i> Linn.	30	Widespread, from Caribbean and Central America
<i>I. tenuissima</i> Choisy	30 (?)	Caribbean Islands
<i>I. ramosissima</i> (Poir) Choisy	30 (?)	Central and South America
<i>I. trifida</i> (H.B. & K.) G. Don	30, 60, 90	Central America, Mexico
<i>I. tiliaceae</i>	60	Circum-Caribbean
<i>I. cyanchifolia</i> Meisner	30 (?)	Brazil
<i>I. x grandiflora</i> (Dammer) O'Donnell	30 (?)	Southeast South America
<i>I. peruviana</i> O'Donnell	Unknown	Peru
<i>I. gracilis</i> R. Brown	60	Australia
<i>I. littoralis</i> Blume	60	Pacific Islands, Mexico
<i>I. batatas</i> (L.) Lam.	90	American tropics, now widespread

the work of NISHIYAMA et al. (1975) represents a prominent pole of opinion. NISHIYAMA believes that a prototype of what he calls the *I. trifida* complex such as *I. leucantha* crossed with a tetraploid derived from the same source, such as *I. littoralis*, and that following non-reduction of gametes a hexaploid *I. trifida* was produced. He believes the sweet potato was selected from this hexaploid. Crossing of *I. leucantha* and *I. littoralis* to form new hexaploids has been accomplished. Thus, the origin would be autopolyploidy.

The cytological evidence does not clearly support this hypothesis. The finding by TING and KEHR (1953) of secondary associations at meiosis can be interpreted as close relationships among the 6 sets of chromosomes that presumably are homologous. However, cultivars differ in the presence or absence of meiotic abnormalities. JONES (1965) found meiotic activity to be highly regular in 40 clones observed.

Multivalents were relatively low in number. Thus, it would appear that the ancestral parents in the origin of the sweet potato were not closely related, and sweet potato may therefore be an allopolyploid. However, if this is so, the ancestral species have not yet been identified.

Furthermore, the variation within the sweet potatoes is so extensive that most investigators would favor interpretation of the sweet potato as an allopolyploid of still unrecognized species. AUSTIN (1983) interprets the hexaploid collections of *I. trifida* as feral sweet potatoes, and the wild tetraploids as the results of crosses among diploid and the hexaploid sweet potato.

The present evidence on the origin of the sweet potato fails to account for the presence of tuberous roots, non-climbing vines, red root periderm color, and orange (high carotene) roots, characteristics not found in primitive species. Thus, the question of the origin of the sweet potato is still far from resolved.

Since most sweet potatoes are daylength sensitive, as days shorten there is a tendency for growth to shift from production of foliage to increased tuberization and to flowering. Cultivars differ in this respect. Some flower readily at any season. Others flower only when days are short. Still others do not flower under any normal conditions. Sweet potato that do not flower readily can often be stimulated to flower by grafting on other *Ipomoea* species (STINO, et al., 1969). A simpler technique is to train the vines to trellises during the season of short days. Lack of flowering may be a severe impediment to use of a particular sweet potato as a parent in controlled crosses.

The flower of the sweet potato is conspicuous. The corolla is entire, usually lavender-colored, and attractive to insects. The long style bears an almost globular, lobed stigma. Five stamens arranged around the anther are of varying height, yet it is not correct to call the flower distylous nor to interpret its structure as heteromorphic.

On the contrary, the flower is well adapted to self or cross pollination by bees, and in some cultivars self pollination is frequent even when bees are not present. The flower opens in the morning and closes in the afternoon. It is easy to emasculate and to cross pollinate by hand. A short piece of soda straw is often used to protect the emasculated flower before and after pollination.

The sweet potato is almost always self-incompatible. This and other seed-limiting processes that can be classed as sterility have severely restricted the understanding of the breeding system of the sweet potato. However, a clear interpretation has been achieved. The system of self incompatibility in *Ipomoea* is of the sporophytic multiple allelic type. A series of alleles at one locus controls the genotype of the parent. The incompatibility reaction of each plant is determined by the interaction of the two alleles and all pollen grains exhibit the same incompatibility phenotype (MARTIN, 1968). Some of the features of this incompatibility in a diploid species include more than two incompatibility groups, unilateral incompatibility between some groups, incompatibility between some parents and their progeny, two or four incompatibility groups in a family, the occurrence of parental groups in some families, and the physiological control of incompatibility on the basis of inhibition of pollen germination.

On the basis of knowledge of the incompatibility system in a diploid it is possible to interpret the incompatibility of the sweet potato on the assumption that the incompatibility locus has been duplicated or triplicated (MARTIN, 1968). All data collected are compatible with this assumption.

Data on crossing relationships of sweet potato as developed by VAN SCHREVEN (1953) are presented in table 2, together with an interpretation based on the sporophytic, multi-allelic system of self-incompatibility. It is not necessary to specify a duplication of the incompatibility locus to explain the results. On the other hand, data by FUJISE (1964) can only be explained when two incompatibility loci, R and S, are specified (table 2).

Serious physiological problems often impede seed production even when a cross is compatible. Occurring principally as post-pollen germination barriers to fertility, MARTIN and CABANILLAS (1966) have shown how pollen tube growth and embryo development fail at varied times after pollination. Thirteen detectable failures in sweet potato reproductive process were outlined by MARTIN (1982).

Finally, insect and disease problems affect seed production. Since the effects are often subtle, they may be confused with those of incompatibility and sterility. Pod and seed production in sweet potato can be dramatically increased by treatment of flowering, open pollinated plants with suitable fungicides and insecticides (JONES, et al.,

Table 2. Incompatibility groups in *Ipomoea setifera* and sweet potato according to the sporophytic multiple allele system 1/.

Data interpreted	Incompatibility group (phenotype)	Proposed genotype
Martin (<i>I. setifera</i>)	1 (R_1)	R_1R_3
	2 (R_1R_2)	R_1R_2
	3 (R_2)	R_2R_3
	4 (R_3)	R_3R_3
Van Schreven (<i>I. batatas</i>)	1 (R_1)	R_1R_2
	2 (R_1R_3)	R_1R_3
	3 (R_2)	R_2R_3
	4 (R_3)	R_3R_3
Fujise (<i>I. batatas</i>)	A (R_1)	$R_1R_2S_1S_2$
	B (S_1)	$R_2R_2S_1S_2$
	C (S_2)	$R_2R_2S_2S_2$

1/ Adapted from Martin (1968), Van Schreven (1953), and Fujise (1964).

1976).

Problems of incompatibility and sterility impede controlled pollination in sweet potato. Some crosses are not now possible, and practically all crosses produce much less than the potential 4 seeds per pod.

The practical consequences of self-incompatibility and sterility must be recognized. It is almost impossible to produce seed by self-pollination except in a few self-fertile cultivars. Because of the high sterility, vigor is rapidly lost using any kind of inbreeding. Hand crossing cannot result in more than 4 seeds per cross, and usually the result is fewer. Therefore, breeding techniques should not rely on hand pollination. When two varieties are cross compatible, seed can be produced in quantity if they are stimulated to flower side by side, in an isolated area.

Because of its polyploid status, the sweet potato is not a suitable species for studies of traditional or Mendelian genetics. Each gene may be represented by 6 alleles. The segregation ratios in particular crosses are usually complex, but may be simple and Mendelian when only a single dominant allele is present. Thus, it is not surprising that simple genetic ratios have been reported in the literature (POOLE, 1955). However, since the simple ratios are artifacts due to homozygosity for some genes, inheritance studies often have found discrepancies, not so frequently with respect to dominance relationships, but frequently with respect to segregation patterns. Hexaploid segregation patterns are varied and complicated (JONES, 1967). If dosage effects occur, something that can often be expected, segregation will be continuous and discrete ratios will not be seen, even when a single locus is responsible for a character.

Because of these considerations the majority of the characteristics of importance in the sweet potato are inherited quantitatively or appear to be so inherited. The questions that are of importance are those of quantitative genetics.

The theoretical basis for quantitative genetics in the sweet potato has been developed by JONES et al., (1976) and he and others have measured the genetic components of variance, and have estimated the heritability of many economic traits (Table 3), using several different methods. The formal heredity estimates suggest that progress is possible in the selection for any trait that can be recognized and defined. Estimates are usually intermediate in size, further suggesting that progress in selection will be slow. This is not surprising when the high number of chromosomes of the sweet potato is considered.

Table 3. Narrow sense heritability estimates in the sweet potato 1/.

Character	Heritability estimates
Root weight	25, 41, 44
Growth cracking	37, 51
Flesh color	53, 66
Flesh oxidation	64
dry matter	65
Protein content	
Fiber	47
Skin color	81
Sprouting	37, 39
Vine length	60
Leaf type	59
Flowers/inflorescence	50
Fusarium wilt resistance	50, 86, 89
Nematode egg mass index	57, 69, 75
Insect complex resistance	45
flea beetle resistance	40
Weevil resistance	84

1/ Adapted from JONES, 1980.

RECOMMENDED BREEDING TECHNIQUE

Some type of recurrent selection appears to be desirable in sweet potato breeding. The selection procedure should permit minor and recessive genes to be expressed and to be selected, with a progressive increase in a population of favorable genes.

Mass selection has been developed as the technique of choice. First proposed in 1965 (JONES), the technique uses the principles of genetics, especially of quantitative genetics as appropriate guidelines. In its simplest form mass selection consists of the selection of a number of sweet potato clones for one or more desirable characteristics, the stimulation of the selections to flower, and their hybridization in a polycross block by natural pollinators (chiefly honeybees). Seedlings of the cross are screened for the same characteristics and the best are utilized, with or without the best of parents, in the production of a new polycross.

This technique should result in a rapid accumulation of major genes, eventually breaking of linkages of unfavorable genes in repulsion, and a slower accumulation of favorable minor genes. The theoretical basis, methodology, and practical applications were studied for two decades and have established mass selection as a useful technique, especially for characteristics weakly expressed and controlled by many genes.

Mass selection must be complemented with a screening technique, and in the case of some characteristics, the identification and measurement of the character is the weakest link. During screening, selections can be made not only for the strongest expression of the characteristic but also for other desirable characteristics. Furthermore, plants from seeds are potential varieties, and may be used as such without further modification.

Any breeding program depends on techniques. The techniques that have been found useful in a practical breeding program, including details of handling seeds and plants, have been described by JONES (1980), and complement the information given here.

- AUSTIN D. F. 1983. Variability in sweet potatoes in America. pp. 15-25. In : F. W. MARTIN (Editor). Breeding New Sweet Potatoes for the Tropics. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Tropical Region : 27 (B).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1980. Annual Agriculture Production Yearbook.
- FUJISE K. 1964. Studies on flowering, fruit setting, and self and cross incompatibility in sweet potato varieties. Bull. Kyushu Agric. Exp. Sta. 9 : 123-146.
- GARRETT L. N. 1974. The impact of *Ipomoea batatas* on New Guinea highland agriculture and an investigation of its origin. Philippine Agricultural Journal 18 (1-2): 7-20.
- HAHN S. K. 1975. Sweet potato production in relation to environmental and genetic factors. 14 pp. In: Paulo de Torso Alvim (Coordinator). Ecophysiology of Tropical Crops. Communication Division of CEPLAC, Bahia, Brasil.
- JONES A. 1965. Cytological observations and fertility measurements of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86: 527-537.
- JONES A. 1965. A proposed breeding procedure for sweet potato. Crop Sci. 5 : 191-192.
- JONES A., DUKES P. D. and CUTHBERT JR., F. P. 1976. Mass selection in sweet potato : Breeding for resistance to insects and diseases, and for horticultural characteristics. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 701-704.
- JONES A. 1967. Theoretical segregation ratios of qualitatively inherited characters for hexaploid sweet potato [*Ipomoea batatas* L.]. Tech. Bull. 1368, U.S. Dept. of Agriculture. 43 pp.
- JONES A., DUKES P.D. and CUTHBERT JR. F. P. 1977. Insecticides increase true seed production of sweet potato. Hort. Sci. 12 : 165-167.
- JONES A. 1980. Sweet potato. pp. 645-655. In: American Society of Agronomy - Crop Science of America. Hybridization of crop plants. Madison, Wisconsin.
- LIN S.S.M., PEET C. R., CHEN, DER-MIN, and LO, HSIAO-PENG. 1983. Breeding goals for sweet potato in Asia and the Pacific. A survey of sweet potato production and utilization. pp. 42-60. In: MARTIN F. W. Breeding New Sweet Potatoes for the Tropics. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 27 (B).

- MARTIN F. W. and CABANILLAS E. 1966. Post pollen germination barriers to seed set in sweet potato. *Euphytica* 15: 404-411.
- MARTIN F. W. 1968. The system of self-incompatibility in *Ipomoea*. *J. Hered.* 59: 263-267.
- MARTIN F. W. 1982. Analysis of the incompatibility and sterility of the sweet potato. pp. 275-283. In: VILLAREAL R. L. and GRIGGS T.D. Sweet Potato. Proceedings of the First International Symposium. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan.
- NISHIYAMI I., MIYAZAKI T. and SAKAMOTO S. 1975. Evolutionary autopoloidy in the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) and its progenitors. *Euphytica* 24: 197-208.
- PORTER W. C. 1979. Sweet potato growth as affected by photoperiod. *HortSci.* 14: 124.
- TING, YU CHEN and KEHR A. E. 1953. Meiotic studies in the sweet potato. *Jour. Heredity* 44: 207-211.
- TSUNO Y. and FUJISE K. 1965. Studies on the dry matter production of sweet potato. IX. the effect of potassium on the dry matter production of sweet potato. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 33: 326-241.
- VAN SCHREVEN A. C. 1953. Investigations on the flower biology and compatibility of sweet potato (*Ipomoea batatas* Poir) including some preliminary trials on the germination of the seed. *Landbouw* 25: 305-346.
- VILLAREAL R. L. 1982. Sweet potato in the tropics-progress and problems. pp. 1-15. In: VILLAREAL R. L. and GRIGGS T. D. Sweet Potato. Proceedings of the First International Symposium. Asian Vegetable Research development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan.
- WILSON L. A. and LOWE S. B. 1973. Quantitative morphogenesis of roots types in the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) root system during early growth stem cuttings. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 50: 343-345.

STARCH-SUGAR TRANSFORMATION ON SWEET AND STAPLE-TYPE SWEET POTATOES

(Transformation amidon-sucre chez la Patate douce sucrée et non sucrée)

Franklin W. MARTIN

Tropical Agriculture Research Station, Southern Region
Agricultural Research Service, U.S.
Department of Agriculture
Mayaguez, Puerto-Rico

SUMMARY

Normally sweet potatoes contain reducing and non-reducing sugars. Cooking increase reducing but non-reducing sugars through activation of the beta-amylase enzyme. A new class of sweet potatoes (staple-type) has been produced by breeding that is not sweet or only slightly sweet after cooking. In these sweet potatoes reducing sugars are not increased or only slightly increased by cooking. Examination for amylase on acrylamide gel, with or without electrophoresis reveals that there is one spot active in hydrolysis of starch in normal sweet potatoes, and that this spot is weak or absent in staple-type sweet. Isolated starches from staple-type sweet potatoes were partially hydrolyzed when mixed with fresh normal sweet potato and cooked. Starches from normal sweet potatoes contained traces of enzyme that could hydrolyse them on cooking. In cooked mixtures of an enzyme-free starch from a staple-type sweet potato, the former was able to liberate reducing sugars from the latter.

RESUME

Les patates douces contiennent normalement des sucres réducteurs et non réducteurs. La cuisson augmente les sucres non réducteurs par activation de la beta-amylase. Une nouvelle classe de patates douces peu ou pas sucrées après cuisson a été obtenue par amélioration génétique. Les teneurs en sucres réducteurs de ces dernières sont peu affectées par la cuisson. L'examen de l'amylase, sur gel d'acrylamide, ou avec électrophorèse montre une seule bande, active dans l'hydrolyse de l'amidon des patates douces normales, faible ou absente chez les patates douces peu ou non sucrées. Les amidons isolés de patates type aliment de base furent partiellement hydrolysés en cuisson, mélangés avec des patates fraîches normales. Les amidons des patates douces

normales contiennent des traces d'enzyme qui les hydrolisent au moment de la cuisson. L'enzyme d'un amidon de patate douce normale est capable lorsqu'elle est ajoutée à un amidon de patate douce non sucrée dont elle est absente d'en libérer des sucres réducteurs.

INTRODUCTION

The sweet potato, *Ipomea batatas* (L.) Poir., produces a tuberous root that contains starch as its principal constituent. During cooking the starch is converted to dextrins (short chain starch residues) and the reducing sugar maltose (HAMMETT and BARRENTINE, 1961). This conversion occurs in the presence of Beta amylase, an enzyme very active at cooking temperatures (KAINUMA and FRENCH, 1970). Beta-amylase is obtained commercially from sweet potatoes and is presumed to be active in all varieties.

Recently a sweet potato cultivar, Ninety-nine, was reported in which the starch is not converted to maltose by cooking (MARTIN and RUBERTE, 1983). The tuberous root of this cultivar is not sweet after cooking. Studies of the reducing power of the starch and its intrinsic viscosity suggested that the starch of this variety occurs as long, unbranched molecules (MARTIN and DESHPANDE, in press).

Since the initial finding of the cultivar Ninety-nine, many selections have been made of non-sweet and low-sweet potatoes are now called staple-type as a new staple, with sufficient potential attraction to the consumer as well as nutritive value, to be used as an everyday food.

The difference among sweet potato varieties that accounts for the non-sweet or low-sweet condition is attacked here by study of the starch-sugar transformation process in sweet and staple-type sweet potatoes.

MATERIALS AND METHODS

The experimental materials consisted of 13 cultivars of sweet potato developed at the Tropical Agriculture Research Station, Mayaguez, Puerto Rico. The reducing sugar contents of typical tuberous roots of these varieties are given in Table 1. On the basis of observed sweetness after cooking the cultivars had been classified by the investigator as staple (no sweetness perceived), sub-staple (only slight sweetness perceived), tropical (typical sweet potato of the tropics, white or yellow in color), and dessert (sweet and orange in color) (it must be remembered that sweetness depends as well on the presence of non-reducing sugars, not studied herein, and on individual differences in the threshold of perception of sweetness). Two of the cultivars were selected as typical of the extremes, Ninety-nine, the cultivar in which

TABLE 1 : The effects of cooking on the reducing sugar content of sweet and non-sweet potatoes 1/

Cultivar	Type	Reducing sugars (g/100 g dried sample)			
		before cooking	After cooking	Amount of increase	Percent increase
Francia	Substaple	7.6	12.8	5.2	68
Limonette	Substaple	3.7	3.8	0.1	3
Margarita	Staple	2.6	2.4	-0.2	-8
Mojave	Staple	3.2	5.7	2.5	78
Ninety-nine	Staple	0.8	0.8	0.0	0
Nutty	Tropical	8.5	22.1	13.6	160
Papota	Substaple	2.4	6.8	4.4	183
Sahara	Staple	3.2	3.1	-0.1	-3
Sneaky	Tropical	16.2	25.7	9.5	59
Sunny	Dessert	11.8	20.3	8.5	72
Toquecita	Tropical	4.2	21.2	17.0	405
Viola	Substaple	3.9	12.6	8.7	223
Wart	Tropical	7.6	17.6	10.0	132

1/ Data adapted from MARTIN (in press).

sugars are initially low and are not increased by cooking, and Sneaky, a variety in which sugars are moderate, and reducing sugars are greatly increased by cooking. The content of non-reducing sugars is not increased by cooking.

The effects of time on the starch-sugar transformation in the cultivars Ninety-nine and Sneaky were studied by grinding a mixture of 1 part fresh sweet potato to 10 parts water. These mixtures were cooked in a double boiler at 100°C for 0, 2.5, 5, 10, and 20 minutes. The samples were then dried. All reducing sugar measurements were made with standardized techniques of the Association of Official Analytical Chemists (HOROWITS, 1980) and all reports were standardized in terms of g/100 g dried sample.

The presence of amylase was tested on 7 per cent acrylamide gel (cyanogum 41) in buffer solution. Small portions of fresh tissue or of dried starch were ground in mortar and pestle with approximately 5 volumes of saline extraction solution. Thick rectangles of filter paper 2 x 3 x 0.5 mm were saturated in the solution. These were placed in slots cut into acrylamide gel sheets of 2 mm thickness. After 15 minutes either the gels were stained (without electrophoresis), or treated by a direct current of 100 volts (about 35 milliamperes) to affect separation.

At the time of staining the filter pieces were removed and discarded. The gel was rinsed with distilled water, and the surface was flooded with a 1 per cent soluble starch solution. A container with the gels was then placed in a warm water bath (100°C) for 10 minutes. The gels were finally rinsed and stained by starch with an IKI solution. Areas that contained amylase were light in color or colorless, as compared to the pale blue of the enzyme-free areas. The strength of the amylase action was judged from 0 to 5.

Starch was obtained from each cultivar by blending 50 g fresh root with 500 ml water. This mixture was allowed to stand and then the water was decanted. The crude starch was rinsed in water and centrifuged 3 times, decanting each time, and was then dried in a forced draft oven at 50°C. The reducing sugar content of the starches was measured before and after cooking and after mixing and cooking with fresh sweet potato of the cultivar Sneaky.

The reciprocal effects of starch and fresh root of Ninety-nine and Sneaky were determined in samples of 2 g starch, 10 g sweet potato, or 1 g starch mixed with 5 g sweet potato. The samples were ground together and dried with or without cooking for 10 minutes in the water bath.

The kinetics of the reaction of fresh tuber of Sneaky with starch of Ninety-nine were studied with samples analysed after 0, 2.5, 5, 10 and 20 minutes of cooking.

RESULTS

The reducing sugar content of cooked sweet potatoes depended not only on the initial content but also on the amount of new reducing sugars produced on cooking. Of 13 cultivars tested, reducing sugars increases on cooking little or not at all in 4 (Limonette, Margarita, Ninety-nine, and Sahara). In all other cultivars reducing sugars increased on baking up to 16 g/100 g. The cultivar Ninety-nine had the lowest reducing sugar content before and after cooking. The cultivar Sneaky had the highest reducing sugar content before and after cooking yet the total increase (g/100 g) or the percentage increase was not the greatest.

On electrophoresis 11 of the 13 cultivars showed signs of amylase activity, varying from a none to a completely decolorized spot, 5 (Table 2). The R_f of the spot was 0.21. Amylase activity could be detected without electrophoresis as a diffused, decolorized area in the gel around the slot where the treated filter paper had been placed. The cultivars with lowest increase in reducing sugars corresponded to those cultivars without or with weak amylase spots (staple-type).

Extracts from starches did not reveal amylase spots. Starch itself plated on the gel and washed away before staining did not demonstrate amylase activity.

Increase in the reducing sugar of Sneaky was found to depend on time (Fig. 1). Reducing sugar content increased rapidly on cooking and was essentially complete in 5 minutes. No further changes occurred with 10 or 20 minutes of cooking. In the case of the cultivar Ninety-nine, cooking for different times did not affect the reducing sugar content (Fig. 1).

Some of the extracted starches contained low amounts of reducing sugars (Tables 3). The reducing sugars increased in starches of 11 of 13 cultivars on cooking starch in water. In general, those cultivars with the lowest increase in reducing sugars on baking (staple-types) were also those with the lowest reducing sugar content before and after cooking of starch.

When starches were mixed with fresh tuberous root of the cultivar Sneaky and then cooked, the amount of reducing sugars in the cooked mixture was greater than would have been expected if the starch and tuberous root were cooked separately. This increase tended to be greatest in staple-type cultivars.

In the case of the two contrasting cultivars, Ninety-nine and Sneaky, the tests were repeated and extended to gain a better understanding of the influence of fresh tuberous root on starch, when cooked. The results are given in Table 4.

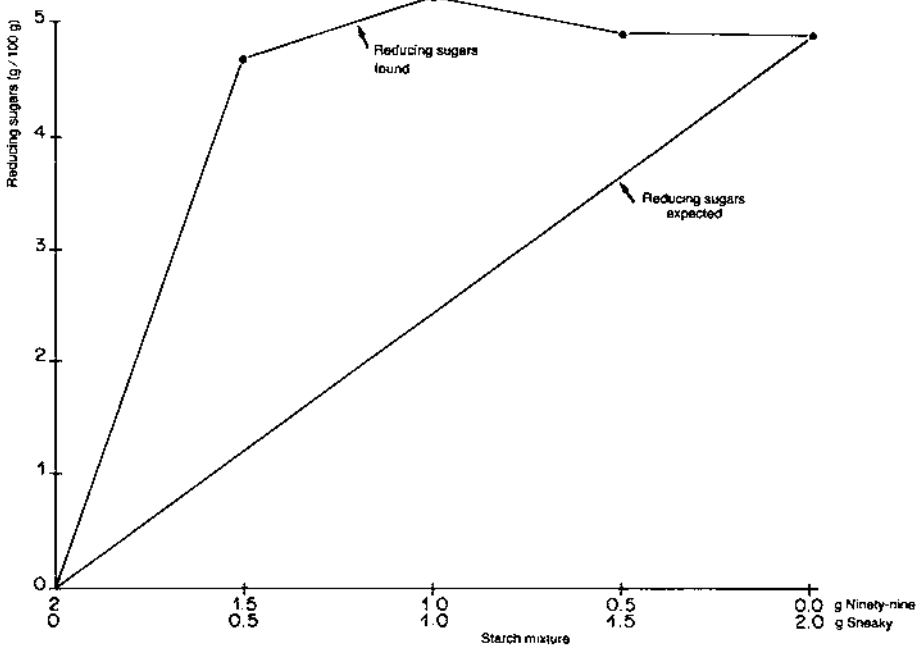


Fig. 1.- Increase in reducing sugar content in two distinctive sweet potato cultivars as influenced by time and cooking.

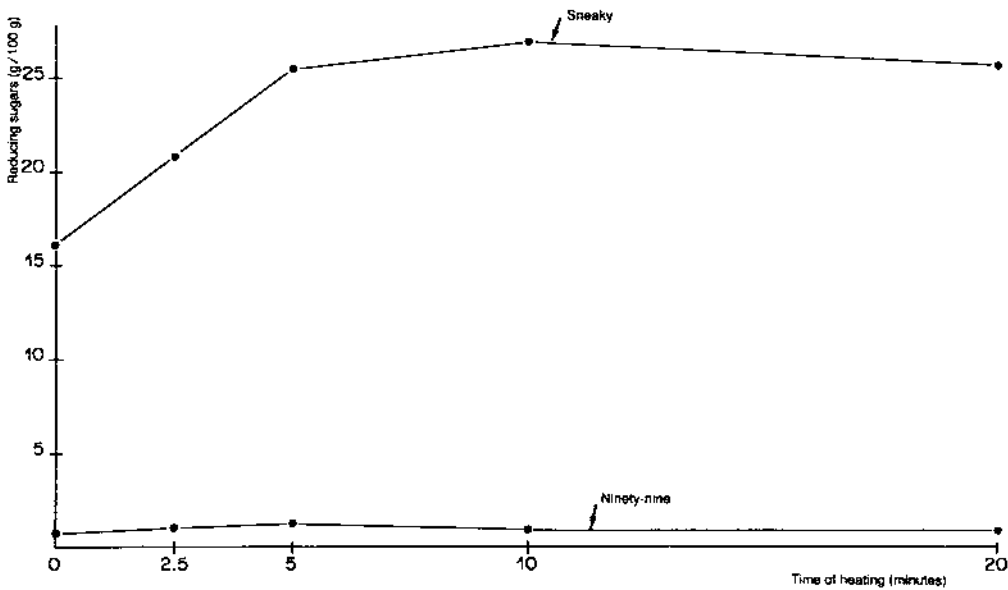


Fig. 2.- Amounts of reducing sugars found in a cooked mixture starches from the cultivars Sneaky and Ninety-nine as influenced by the proportions of each in the mixture.

TABLE 2 : Strength of principal amylase spots

	Fresh tuberous root extract		Starch	
	Spot treatment	After electrophoresis	Starch extract spot treatment	itself removed before staining
Francia	1 ^{1/}	1	0	0
Limonette	2	1	0	0
Margarita	0	0	0	0
Mojave	5	5	0	0
Ninety-nine	1	1	0	0
Nutty	4	4	0	0
Papota	1	2	0	0
Sahara	2	2	0	0
Sneaky	3	5	0	0
Sunny	4	4	0	0
Toquecita	4	4	0	0
Viola	4	4	0	0
Wart	5	4	0	0

^{1/} Rated as 0 (no activity) to 5 (highest activity).

TABLE 3 : Reducing sugars in uncooked and cooked starches,
and in a cooked mixture of starch with fresh
sweet potato

Cultivar	Reducing sugars in (g/100 g)		Cooked starch sweet potato mixture	Calculated amount expected ^{1/}	Excess or shortage
	Uncooked starch	Cooked starch			
Francia	1.1	30.7	33.1	28.2	4.9
Limonette	0.3	6.4	20.9	16.0	14.9
Margarita	0.0	0.0	31.7	12.8	18.9
Mojave	0.4	12.2	36.6	19.0	17.6
Ninety-nine	0.0	0.0	31.8	12.8	19.0
Nutty	2.5	33.2	35.9	29.4	6.5
Papota	1.3	15.6	35.9	20.6	15.3
Sahara	0.2	6.6	27.3	8.2	19.1
Sneaky	0.8	31.2	33.7	28.4	5.3
Sunny	0.0	9.9	33.5	17.7	15.8
Toquecita	2.8	33.2	30.8	29.4	1.4
Viola	0.7	20.5	31.5	23.1	8.4
Wart	1.2	20.9	32.3	23.3	9.0

^{1/} Five g of the fresh sweet potato Sneaky contributed 12.85 g/100 g
reducing sugar. One go of the starch in question contributed the
remainder.

TABLE 4 : Reciprocal effects of fresh sweet potato and
and extracted starches with respect to release
of reducing sugars, with and without cooking

Sample	Amount (g)	Cooking treatment	Reducing sugar (g/100 g)	Amount expected	Extra produced
Fresh Sneaky (S)	10	Uncooked	16.2	--	--
Fresh Ninety-nine (NN)	10	Uncooked	1.8	---	---
Starch S	2	Uncooked	0.6	---	---
Starch NN	2	Uncooked	0.0	--	--
Fresh S	10	Cooked	25.7	--	--
Fresh NN	10	Cooked	2.0	--	--
Starch S	2	Cooked	9.9	0.3	9.6
Starch NN	2	Cooked	0.0	0.0	0.0
Fresh S + Starch S	5 + 1	Cooked	26.7	17.7	9.0
Fresh NN + Starch NN	5 + 1	Cooked	1.0	1.0	0.0
Fresh S + Starch NN	5 + 1	Cooked	33.1	12.8	20.3
Fresh NN + Starch S	5 + 1	Cooked	4.9	5.8	- 0.9

Uncooked root as well as starch of Sneaky contained reducing sugars which were increased by cooking. Uncooked root of Ninety-nine, as well as its starch contained little or no reducing sugars, and these were not increased by cooking.

When the root of Sneaky was combined with its own starch and cooked, the increase in reducing sugars was greater than occurred when the two were cooked separately (Table 4). When the root of Sneaky was combined with the starch of Ninety-nine there was also an unexpected increase in production of reducing sugar. However, the root of Ninety-nine had no effect on the starches of either Sneaky or Ninety-nine.

When the starch of Sneaky and the starch of Ninety-nine was mixed and cooked, the resulting mixture contained more reducing sugars than what would have been expected if the starches were cooked separately. The effects of relative amount of the starches are presented in Fig. 2. Even the addition of a small amount of starch of Sneaky to the starch of Ninety-nine resulted in liberation of reducing sugars. Thus, in all mixtures more reducing sugar was produced than would have been when the starches are cooked separately.

DISCUSSION AND SUMMARY

From the data that have been presented, a much clearer understanding of the nature of staple-type sweet potatoes has been obtained. It is only meaningful to speak of sweetness after cooking, for sweet potatoes are not eaten raw. Sweetness depends on the concentration of non-reducing and reducing sugars. The concentration of non-reducing sugars such as sucrose is not affected by cooking. However, in normal sweet potatoes, the concentration of reducing sugars is increased, often dramatically, by cooking.

New sweet potatoes have been produced that are not sweet or are only slightly sweet after cooking. As shown here these sweet potatoes lacked amylase, or sufficient of it. The fleshy root of the normal sweet potato that contains amylase could convert part of the starch from the staple-type sweet potatoes to reducing sugars.

On isolating starches of normal sweet potatoes, a small amount of amylase was often included in the starch preparation. This may be insoluble in water. This amount of enzyme in isolated starch was sufficient to convert some starch to reducing sugar on cooking. However, a greater conversion was achieved when the starch was mixed with tuberous root containing amylase and was then cooked. Even the residual amylase in starch from a cultivar that contained amylase was sufficient to convert some of the starch from a staple-type cultivar to reducing sugars. It is concluded

that newly developed staple-type sweet potato cultivars are not sweet because they contain little or none of the amylase which characterizes normal sweet potatoes.

REFERENCES

- HAMMETT H.L. and BARRENTINE B.F., 1961.- Some effects of variety, curing, and baking upon the carbohydrate content of sweet potatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 78 : 421 - 426.
- HOROWITZ W., 1980.- *Official Methods of Analysis*. Associated of Official Analytical Chemists. 13th Edition. Washington, D.C. 1018 pp.
- KAINUMA K. and FRENCH D., 1970.- Action of pancreatic alpha-amylase and sweet potato beta-amylase and 6² and 6³ glucosylmalto-oligosaccarides. *FEBS Letters* 6 : 182.
- MARTIN F.W.- Sugars in staple-type sweet potatoes as affected by cooking and storage. *Jour. Agric. Univ. P.R.* (In press).
- MARTIN F.W. and DESHPANDE S.N.- Sugars and starches in a non-sweet potato, compared to conventional varieties. *J. Agric. Univ. P.R.* (In press).
- MARTIN F.W. and RUBERTE R.M., 1983.- Sugars in staple-type sweet potatoes as influenced by cooking technique, pp. 136-138. In : MARTIN F.W. (Editor). *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Trop Reg.* 27 (B).

LES VIROSES DE LA PATATE DOUCE (IPOMEA BATATAS) EN COTE D'IVOIRE

*(Virus disease of sweet potato (Ipomea Batatas)
in Ivory Coast)*

THOUVENEL J.C., FAUQUET C. & FARGETTE D.

Laboratoire de Phytovirologie
ORSTOM Adiopodoumé
B.P. V51
Abidjan, Côte d'Ivoire
Afrique de l'Ouest

RESUME

Comme toutes les plantes qui sont multipliées de façon végétative, la patate douce est fréquemment trouvée malade lors des prospections phytosanitaires ; en particulier, deux maladies à virus ont été identifiées dans les différentes régions de la Côte d'Ivoire. Il s'agit de deux viroses pouvant également être transmises par les aphidés en dehors de la transmission par le matériel de plantation.

Un virus parasphérique caractérisé comme une souche de la mosaïque du concombre est l'agent de la première maladie.

Un virus filamenteux du groupe des Potyvirus, le "Sweet potato feathery mottle virus" est celui de la seconde maladie.

Ces deux virus sont actuellement en cours d'étude.

SUMMARY

Like most of the plants which are vegetatively propagated sweet potato is very often found diseased in the course of phytosanitary inspections. Two virus diseases have been identified in different areas of Ivory Coast. Both can be aphid-transmitted, in addition to their propagation with planting material.

The first disease is induced by a paraspherical virus identified as a strain of Cucumber mosaic virus. The second one is induced by a thread-like potyvirus, the "Sweet potato feathery mottle virus". Studies are in course on both viruses.

Contrairement à ce qui se passe dans la plupart des pays qui entourent la Côte d'Ivoire, la patate douce (*Ipomea batatas* L.) ne représente pas une plante de base dans l'alimentation traditionnelle ivoirienne. Cependant, depuis quelques années, on assiste à une extension considérable de cette culture au niveau familial. Rares sont les jardins où on ne trouve pas de la patate douce, et on peut en trouver à acheter sur presque tous les marchés. De plus la patate douce figure en bonne place dans les projets de développement qui s'élaborent actuellement au niveau du Ministère du Développement Rural ; ainsi d'ailleurs que le taro et le gingembre.

La patate douce se multiplie très facilement par bouturage et, à ce titre, constitue pour les maladies à virus un hôte de prédilection. Nous avons donc entrepris depuis quelques années une prospection systématique des différentes régions de la Côte d'Ivoire pour identifier les viroses présentes et préconiser éventuellement les mesures phytosanitaires indispensables avant tout grand développement de cette culture.

Deux viroses transmissibles mécaniquement ont été recensées en tous les endroits visités. Cette communication décrit leur caractérisation et leur identification. La plus importante est causée par le virus de la marbrure plumeuse de la patate douce (Sweet potato feathery mottle virus) et elle existe à des degrés divers en toutes les régions de la Côte d'Ivoire ; l'autre se rencontre surtout en zone forestière et est due au virus de la mosaïque du concombre.

SWEET POTATO FEATHERY MOTTLE VIRUS (SPFMV)

Nous avons gardé le nom donné à ce virus qui a été décrit pour la première fois aux Etats Unis (DOOLITTLE and HARTER, 1945). Ce nom de "marbrure plumeuse" vient de l'aspect plumeux que prennent les feuilles des plants malades car les symptômes sont liés aux nervures primaires et secondaires ; les feuilles se gaufrant légèrement et s'incurvent, les plants malades sont plus petits que les plants sains. Les symptômes sur la plante sont essentiellement foliaires, cependant nous avons pu observer à plusieurs reprises dans les racines des points noirs et des formations liégeuses se rapprochant de "l'internal cork" décrit en Amérique et causé par des souches du SPFMV (CADENA-HINOJOSA and CAMPBELL, 1981).

Nous avons pu transmettre cette maladie par inoculation mécanique uniquement à des Convolvulacées, à savoir : *Calonyction aculeatum*, *Ipomea batatas*, *I. hederacea*, *I. lacunosa*, *I. nil*, *I. purpurea*, *I. setosa*, *I. trichocarpa*, *Convolvulus libanoticus*, *C. pentapetaloides*, *C. siculus*. Les symptômes sont liés aux nervures le plus souvent : éclaircissement ou chlorose.

Des fragments de feuilles provenant de plants de patate douce malades ont été fixés, inclus dans la résine. Les échantillons obtenus ont été coupés à l'ultra-microtome, colorés au citrate de plomb et l'acétate d'uranyle, et observés au microscope électronique. Nous avons pu ainsi observer les inclusions intra-cellulaires caractéristiques du groupe des potyvirus et semblables à celles reportées par NOME et al (1974) pour les SPFMV.

Les propriétés biologiques ont été déterminées, le point de thermo-inactivation se situe entre 55 et 60°C, le point de dilution limite entre 10^{-2} et 10^{-3} , la conservation in vitro est de l'ordre de quelques heures à température ambiante et de plusieurs jours au réfrigérateur.

Les expériences de transmission par insecte ont montré que cette maladie était très facilement transmise par puceron. Des essais avec *Aphis spiraeicola* et *A. craccivora* ont montré des taux de transmission de 100 pour cent avec 10 pucerons par plante ; il suffit d'un seul puceron pour transmettre cette maladie d'une plante à l'autre. Cette transmission se fait sur le mode non persistant.

Le virus a été purifié à partir d'*I. setosa*, mais cette purification est rendue très difficile par la présence de substances mucilagineuses, et par la tendance des particules virales à s'agréger et à être éliminées même lors des centrifugations à basse vitesse. Le virus a néanmoins été obtenu pur par une méthode proche de celle décrite par CALI et MOYER (1981) en clarifiant l'extrait brut par le chloroforme et en sédimentant le virus par ultra-centrifugation, la dernière étape étant une séparation sur gradient de chlorure de césium. Le virus purifié a un spectre en UV caractéristique d'un virus filamenteux ($E_{260} / E_{280} = 1.18$).

Des grilles de microscopie électronique ont été préparées à partir du virus purifié, et observées. Les particules virales sont des filaments flexueux de 13 nm environ de diamètre et de 815 nm de long.

Le virus purifié a été inoculé à un lapin par six injections intra-musculaires à une semaine d'intervalle ; l'antisérum a été préparé à partir du sang prélevé 10 jours après la dernière injection. Le titre déterminé contre le virus homologue est de 1/512. Le virus purifié a également été testé contre un antisérum spécifique du Sweet potato feathery mottle virus (fourni par le Dr. MOYER), il a réagi positivement avec cet antisérum. Les tests sérologiques ont été effectués par micro-précipitation sous huile de paraffine (VAN SLOGTEREN, 1954) en utilisant le virus purifié car la présence des substances mucilagineuses ne permet pas une interprétation correcte du test fait en utilisant l'extrait brut de patate douce.

Comme nous l'avons fait pour le virus de la mosaïque de l'igname (THOUVENEL & FAUQUET, 1980) et pour le virus de

la mosaïque africaine du manioc (THOUVENEL et al, 1983), nous essayons actuellement de mettre au point une méthode d'indexage rapide par la méthode immuno-enzymatique ELISA comme cela a déjà été effectué (ESBENSHADE, 1982).

VIRUS DE LA MOSAÏQUE DU CONCOMBRE

Le virus de la mosaïque du concombre (VMC) est relativement fréquent sur la patate douce en zone forestière. Les symptômes sont caractéristiques, sur les jeunes feuilles on peut observer des taches annulaires chlorotiques avec parfois des arabesques. La croissance du plant est très ralentie.

Ce virus a pu être transmis à une large gamme d'hôtes dans de nombreuses familles (Cucurbitacées, Solanacées, chenopodiacees, etc...).

Les propriétés biologiques ont été déterminées et sont celles du virus de la mosaïque du concombre : point de thermo-inactivation 70°C, point de dilution limite entre 10^3 et 10^4 . La conservation est de plusieurs jours à température ambiante et de plusieurs semaines au réfrigérateur.

Le virus est transmis par pucerons sur le mode non-persistant, mais avec un taux de transmission plus faible que le Sweet potato feathery mottle virus (environ 30 pour cent des plantes malades lors des tests avec 10 pucerons par plante).

Le VMC est purifié facilement à partir de tabacs *Nicotiana tabacum* Samsun NN, et le virus a un spectre en U.V. caractéristique des Cucumovirus ($E_{260} / E_{280} = 1.30$).

En microscopie électronique les particules virales sont parasphériques et font environ 30 nm de diamètre.

Le virus purifié a réagi positivement contre un antisérum préparé contre la souche d du VMC. Le virus de la mosaïque du concombre avait déjà été signalé sur la patate douce par MARTIN (1962).

Ces deux viroses sont les seules que nous ayons observées sur les cultures de patate douce en Côte d'Ivoire, il n'est cependant pas exclu qu'il puisse y en avoir d'autres. Le SPFMV a été également isolé et caractérisé par NIENHAUS au Togo (1980). En tout état de cause, les futurs développements envisagés pour cette culture impliquent dès à présent la prise de mesures sévères pour le choix et le contrôle du matériel de plantation qui devra être distribué. Comme pour toutes les cultures à propagation par voie végétative le risque de dissémination de maladies est très important, aussi des mesures phytosanitaires doivent être mises en place préalablement à tout projet d'extension de cette culture.

REFERENCES

- CADENA-HINOJOSA M.A and CAMPBELL R.N., 1981. Characterization of Isolates of four aphid-transmitted sweet potato viruses. *Phytopathology*, 71 : 1086 - 1089.
- CALI B.B. and MOYER J.W., 1981.- Purification, serology, and particle morphology of two russet crack strains of sweet potato feathery mottle virus. *Phytopathology*, 71 : 302-305.
- DOOLITTLE S.P. and HARTER L.L., 1945.- A graft transmissible virus of sweet potato. *Phytopathology*, 35 : 695-704.
- ESBENSHADE P.R., 1982.- Indexing system for sweet potato feathery mottle virus in sweet potato using enzyme-linked immunosorbent assay. *Plant Disease*, 66 : 911-913
- MARTIN W.J., 1962.- Susceptibility of certain Convolvulaceae to internal cork, tobacco ringspot, and cucumber mosaic viruses. *Phytopathology*, 52 : 607-611.
- NIENHAUS F., 1980.- The feathery mottle syndrome of sweet potato (Ipomea batatas) in Togo. *Z. PflKrankh.*, 87 : 185-189.
- NOME S.F., SHALLA T.A. and PETERSEN L.J., 1974.- Comparison of virus particles and intracellular inclusions associated with vein-mosaic, feathery mottle, and russet crack diseases of sweet potato. *Phytopath. Z.*, 79 : 169-178.
- THOUVENEL J.C., FARGETTE D. FAUQUET C. and MONSARRAT A., 1983- Serological diagnosis of african cassava mosaic by immuno-enzymatic method. In "Symposium of the ISTRC", 6th, Lima, 1983. Proceedings. Lima, International Potato Center CIP, 1984, pp. 353-356.
- THOUVENEL J.C. and FAUQUET C., 1980.- Problèmes virologiques de l'igname en Côte d'Ivoire. In "L'Igname". Les colloques de l'INRA. ed. L. DEGRAS, pp 101-105.
- VAN SLOGTEREN D.H.M., 1955.- Serologic microreactions with plant viruses under paraffin oil. Pages 51-54 in : *Proc. Conf. Potato Virus Dis.*, 2nd. Lisse-Wageningen, 1954.

IN VITRO GROWTH AND REGENERATION CHARACTERISTICS
OF DIVERSE POPULATIONS OF SWEET POTATO
(*IPOMEA BATATAS* (L.) Lam)

*(Croissance et caractéristiques de régénération in vitro
de diverses populations de Patate douce)*

K.M. TEMPLETON-SOMERS and Wanda W. COLLINS

Departement of Horticultural Science
North Carolina State University
Raleigh, North Carolina USA 27695-7609

SUMMARY

Populations of open-pollinated seedlings from three distinct gene pools were surveyed for in vitro growth and developmental characteristics, using four different tissue culture procedures. Petiole explants from young leaves were used to initiate callus cultures (Murashige-Skoog agar medium with vitamins, 3 per cent sucrose, 1 mg/l 2,4-D and 1 mg/l kinetin) which were maintained on the same medium with a reduced level of 2,4-D (0.2 mg/L) and evaluated for callus growth rate, friability and callus color. Callus from these cultures were transferred to three separate regeneration media for the evaluation of morphogenetic potential. Small shoot tips were also used to initiate callus cultures on MS medium supplemented with thiamine, 3 per cent sucrose and 2 mg/l 2,4-D, which were transferred to proliferation media including 0.25 mg/L kinetin before transfer to growth regulator-free regeneration medium. Early callus characteristics were significantly correlated with later regeneration. Significant differences in shoot and root regeneration and in somatic embryogenesis were found among and within populations and among culture protocols.

RESUME

Des populations de plantules obtenues par pollinisation libre à partir de 3 pools géniques distincts ont été analysées pour la croissance et les caractéristiques de développement in vitro, en utilisant quatre méthodes différentes de culture de tissu.

Des pétioles de jeunes feuilles sont utilisées pour initier des cultures des cals (milieu gélosé de Murashige et Skoog avec vitamines, 3 pour cent de saccharose, 1 mg/l de 2,4D et 1mg/l/l de kinétine.

On évalue le taux de croissance des cals, leur friabilité et leur couleur. A partir de ces cultures, les cals sont transférés sur trois différents milieux de régénération pour l'évaluation du potentiel morphogénétique.

Des petites tiges sont aussi utilisées pour initier des cultures de cals sur le milieu MD supplémenté avec de la thiamine, 3 pour cent de saccharose et mg/l de 2,4D. Ces cals sont transférés sur un milieu de prolifération contenant 0,25 mg/l de kinétine avant leur passage sur un milieu de régénération dépourvu de régulateur de croissance. Les caractéristiques de précocité des cals sont significativement corrélées avec leur régénération tardive.

Des différences significatives dans la régénération des tiges et des racines ainsi que dans l'embryogenèse somatique sont trouvées entre et à l'intérieur des populations tout aussi bien qu'entre les protocoles de culture.

Tissue culture of sweet potatoes (*Ipomea batatas* (L.) Lam.) has received much attention from researchers in recent years. Potential applications of tissue culture techniques to a vegetatively propagated food crop such as sweet potatoes are numerous. For example, tissue culture could eliminate much of the expense, time and labor now involved in plant production in temperate climates and could insure a reliable source of disease and insect-free plants in tropical climates.

Application of such techniques in the improvement of this important world food crop depends on successfully initiating callus, maintaining callus cultures and regenerating plants from those cultures. Many *in vitro* studies, therefore, have been concerned mainly with optimum explant source, cultural conditions and media composition.

Previous reports indicate a significant effect of cultivar on results of *in vitro* techniques. In regenerating plants from another cultures, TSAY and TSENG (1979) found cultivar differences in callus production from another cultures of sweet potato and reported plantlet regeneration from embryoids in only one clone. LITS and CONOVER (1978) saw similar differences in lateral bud cultures and other researchers found differences in regeneration using callus derived from explants of storage root tissue (YAMAGUCHI and NAKAJAMA, 1973). JARRET et al (1984) found that the optimal medium for embryogenesis and the frequency of embryogenic cultures differed with genotype. This phenomenon has previously been reported for other crops in tissue culture such as corn (LU et al, 1983), wheat (LARKIN et al, 1984), tomato (GRESHOPF and Doy, 1972), red clover (KEYES et al, 1980) and potato (SIMON and PELOQUIN, 1977).

Recent observations in our laboratory indicated that genotypic differences are important in the variability or reports from sweet potato tissue culture studies. The varying degrees of success reported in the literature in proliferating cells and regenerating whole plants could thus

be due in large part to this significant genetic effect. In addition a survey of large numbers of diverse genotypes might identify clones or related groups of clones that are significantly more adapted to *in vitro* culture than others.

The purposes of this study were 1) to survey a large group of divers genotypes of sweet potatoes to determine genetic variability for growth, development and regeneration capacity in secondary callus cultures ; 2) to determine the effects of various tissue culture protocols and explant sources on growth, development and regeneration, and 3) to determine if early callus characteristics can be correlated with potential for secondary regeneration.

MATERIALS AND METHODS

Open-pollinated seeds were obtained from plants of four distinct gene pools designated Puerto Rico, Philip-pines, Taiwan and North Carolina. Seeds were acid-scarified (H₂SO₄, 20 min.), planted individually in cell trays of soil mix (1 soil:1 sand:1 peat by vol.) and maintained in a growth chamber at 27°C day/22°C night under a 16 hour photoperiod. Plants were watered as necessary and fertilized with a balanced fertilizer every other week.

Two separate tissue culture protocols were used to examine the propensity for regeneration of secondary cultures utilizing different tissues as explants. These are identified as Protocol A and Protocol B. To test different media, Protocol A was further divided into three protocols by using three different regeneration media. These protocols are identified as A1, A2 and A3. For both procedures the explant material was surface-sterilized in 0.525 per cent sodium-hypochlorite for 12 minutes, rinsed three times with sterile double-distilled water and blotted dry on sterile filter paper. Each medium for this study was prepared in a 25 l lot, as a 10 X stock prepared from dry components. Stocks were divided into 100 ml aliquots and frozen in plastic bags at -20°C. Frozen stocks were thawed and reconstituted as needed and the pH adjusted to 5.8. This procedure effectively eliminated variation due to media preparation or batch. All media were solidified with 0.8 per cent w/v Bacto-agar and sterilized by autoclaving for 18 min. at 10.4 x 10 Pa in 0.5 L lots, before being pipetted (10 ml per plate) into 20 x 60 mm disposable petri plates.

Protocol A. This procedure was developed from earlier studies in our laboratory as an adaptation of that used by SEHGAL (1975) and utilized small pieces of petiole from young leaves (about 1 cm in length) as the explant material. Young leaves were excised at the stem, surface-sterilized as described above and the petiole were placed into a 20 x 60 mm disposable petri plate containing 10 ml of callus initiation medium, consisting of the basal salts

of MURASHIGE and SKOOG (1962) medium, with myo-inositol (100 mg/L), niacin (0.5 mg/L), pyridoxine-HCl (0.5 mg/L), thiamine-HCl (4 mg/L), sucrose (30 g/L), and supplemented with 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and kinetin at 2 mg/L each. After 5 weeks on this initiation medium, each explant and its callus were transferred to callus proliferation medium, but with decreased levels of 2,4-D and kinetin (0.2 mg/L each). Five weeks on this medium generally produced a large amount of callus which was subcultured onto three separate regeneration media. The three regeneration media used in Protocol A included :

- A1- Consisting of the same Murashige-Skoog salts, carbohydrates and vitamins as in the initiation medium, but with no growth regulators.
- A2- equivalent to proliferation medium.
- A3- White's salts (1934), niacin (1 mg/l), pyridoxine-HCl (1 mg/l), thiamine-HCl (10 mg/l), 2 per cent sucrose and the growth regulators naphthalene acetic acid (NAA) at 2 mg/l and 6-benzyladenine (6-BA) at 0.2 mg/l.

After ten weeks on the proliferation medium (with a subculture into the same medium at five weeks), the callus cultures were transferred onto the regeneration media for ten weeks (with a subculture onto fresh media at five weeks). Only callus cells were used for subculturing unless the cultures were too small to excise the callus successfully.

Protocol B. This procedure was adapted from that used by LIU and CANTLIFE (1984) and utilized small, actively growing shoot tips as the explant material. Shoot tips were surface-sterilized as described previously, and dissected to obtain the explant, about 2 mm long, consisting of the meristem and a few, very small leaf primordia. Two apical shoot tip cultures were initiated for each genotype, and placed on an initiation medium : a Murashige-Skoog salt medium with thiamine (4 mg/l), inositol (100 mg/l), 3 per cent sucrose and 2,4-D (2 mg/l). After five weeks, the resulting calli were transferred to proliferation medium, which was identical to the initiation medium with addition of kinetin at 0.25 mg/l. The cultures went through two five-week subcultures on proliferation medium. A single regeneration medium was used for Procedure B, and consisted of the same salts, thiamine and carbohydrates as the initiation medium, but with no growth regulators. As in Procedure A, callus cultures were transferred to fresh regeneration medium after five weeks.

For all protocols at five and ten weeks after subculture on callus proliferation media, cultures were individually evaluated for growth rate, the presence of orange and green pigments, darkening and the presence of white, crystalline-appearing cells termed "snow" in this study. These cells appeared as elongated filamentous cells on the surface of the callus when viewed with a dissecting microscope. The

rating scale ranged from a low rating of 0 (no response) to a high rating of 5 (greatest response). Friability ratings were also taken at the end of the second subculture.

Regeneration ratings were taken after ten weeks on regeneration medium (with the subculture onto the same media occurring at five weeks), and are presented as a percentage of the cultures exhibiting root, shoot or somatic embryo development.

Values for each genotype-treatment combination were average and the means used for analysis of variance. Analysis of variance was performed on a reduced data set, consisting of 36 clones for each of the Taiwan and Philippine populations, 72 clones for the population from Puerto-Rico, and 216 clones from the North Carolina population. This reduction produced a balanced data set facilitating computer calculations. This reduction produced a balanced data set facilitating computer calculations. Also, to conserve the size of the X'X matrix, interactions of individual genotypes with treatments were not partitioned and are included in the residual term.

Treatments (tissue culture protocols) are considered as fixed effects in this model as they are representative of the media used by other researchers and in our preliminary studies. Populations and genotypes within population sources of variation were considered random. For these models, treatment mean squares were compared to mean square of population x treatment interaction for calculation of F. statistics.

RESULTS AND DISCUSSION

Significant differences in callus characteristics were apparent early in the establishment of cell cultures (Table 1). Treatment (protocol) differences were detected in the analysis of variance in all characteristics by the second subculture when all populations were combined. By the end of the third subculture some of those differences between treatments appear to dissipate. Population and genotypes within populations were significant sources of variation in most characters at the second subculture and remained significant by the third subculture. Population x treatment interactions were generally nonsignificant after the third subculture with the exception of growth.

Protocol A, which utilized small pieces of petiole from young leaves as the explant source, clearly gave an advantage in early growth (Table 2). However, by the third subculture, Protocol B, utilizing actively growing shoot tips as the explant source, was as effective in supporting growth as Protocol A. Differences between populations which were

Table 1. - Analysis of variance for sweet potato callus growth characteristics of four populations using two *in vitro* protocols after the second and third subcultures.

Source	d.f	friability	Second Subculture				
			growth	orange	green	dark	snow
Population	3	**	**	**	**	ns	ns
Genotype (Pop) 168		ns	**	ns	**	**	ns
Treatment	1	**	**	**	**	**	**
Population x Trt 23		**	*	ns	**	**	ns
Error	579						

Source	d.f	Third Subculture				
		growth	orange	green	dark	snow
Population	3	**	**	**	ns	**
Genotype (Pop.) 168		**	ns	**	**	ns
Treatment	1	ns	*	**	**	**
Population x Trt 3		**	ns	ns	ns	ns
Error	579					

*,** - Estimate significant at the 1% or 5% level of probability, respectively.

ns - Estimate not significant at the 5% level of probability.

Table 2. Mean values of callus characteristics on two different sweet potato *in vitro* protocols after the second and third subcultures (all populations combined)².

Protocol	Second subculture					
	friability	growth	orange	green	dark	snow
A	0.91	6.29	0.33	0.89	1.92	0.46
B	3.36	2.73	0.18	0.09	3.22	0.04
Lsd	0.13	0.39	0.08	0.11	0.12	0.09
p F	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001

Protocol	Third subculture				
	growth	orange	green	dark	snow
A	4.77	0.40	1.33	2.25	0.29
B	4.67	0.30	1.09	2.76	0.67
Lsd	0.26	0.09	0.15	0.14	0.15
p F	0.42	0.034	0.0003	0.0001	0.0001

² - The rating scale for each characteristics ranged from a low rating of 0 to a high rating of 5, with the exception of the growth measurements, for which the upper limit was a rating of 10.

apparent at the second subculture remained about the same apparent at the second subculture remained about the same at the third subculture (Table 3). The Taiwan population was clearly superior in growth.

Analysis of variance for shoot and root regeneration and somatic embryogenesis using four *in vitro* protocols is shown in Table 4. While genotype (either population or genotypes within population) was an important source of variation in root and shoot regeneration, only *in vitro* col (treatment) was a significant factor in somatic embryogenesis and suggests that frequency of embryogenesis may not be increased with appropriate selection of genotype. Population x treatment interactions were not significant for any type of regeneration.

Overall, frequency of cultures undergoing regeneration in secondary culture was low. When examined by tissue culture protocol (Table 5), the highest percentage of cultures undergoing regeneration in secondary culture was approximately 8.4 per cent in Protocol B utilizing shoot tips. These findings are similar to those of LIU and CANTLIFFE (1984). They also showed that the frequency of somatic embryogenesis could be improved greatly by using even smaller pieces of shoot tips for the initial explant. By using only the meristem itself as an explant, they were able to increase the frequency of embryogenesis to over 90 per cent.

Treatment effects were significant for root and shoot regeneration and somatic embryogenesis in secondary cultures. Procedures A1 and B, the two procedures with a regeneration medium free of growth regulators, were the most successful in inducing root formation. Shoot regeneration frequency was consistently low for all protocols, but Protocol B was unique in supporting virtually no shoot morphogenesis. This procedure, however, was the most successful in obtaining somatic embryogenesis, with 5.0 per cent of the cultures producing embryos. Procedures A1 and A3 were completely unsuccessful in inducing embryogenesis.

Frequency of root regeneration was significantly affected by germplasm origin (population), with less than 1 per cent of the cultures from the Taiwan population producing roots (Table 6). The Taiwan population had a significantly higher growth rate (Table 3) than the other populations. Perhaps the emphasis on callus growth reduced the potential for root morphogenesis in that population. Frequencies of shoot regeneration and somatic embryogenesis were not significantly affected by population.

Correlations between early callus growth characteristics and regeneration in secondary cultures over all populations are shown in Table 7. While the reasons for these correlations may be of theoretical importance, the actual values appear to be too low to be of significance in the choice of highly embryogenic or regenerative genotypes.

Table 3. Mean values of callus characteristics in four distinct populations of sweet potatoes after the second and third subcultures (protocols combined)².

Population origin	Second subculture					
	friability	growth	orange	green	dark	snow
NC	3.17 b	4.01 c	0.34 a	0.38 b	2.64	0.26
Philippines	3.34 ab	4.83 b	0.08 b	0.45 b	2.68	0.30
Taiwan	3.45 a	6.05 a	0.04 b	0.48 b	2.44	0.14
Puerto Rico	2.83 c	4.77 b	0.17 b	0.75 a	2.54	0.18
lsd	0.24	0.72	0.15	0.21	0.23	0.18
p>F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.209	0.274

Population origin	Third subculture				
	growth	orange	green	dark	snow
NC	4.21 c	0.46 a	1.03 c	2.50	0.46 b
Philippines	5.17 b	0.16 bc	1.31 bc	2.54	0.55 b
Taiwan	7.03 a	0.01 c	1.64 a	2.38	0.90 a
Puerto Rico	4.98 b	0.25 b	1.51 ab	2.62	0.39 b
lsd	0.495	0.167	0.286	0.255	0.214
p>F	0.0001	0.0001	0.0001	0.347	0.0001

² - The rating scale for each characteristic ranged from a low rating of 0 to a high rating of 5, with the exception of the growth measurements, for which the upper limit was a rating of 10.

Table 4. Analysis of variance for sweet potato shoot and root regeneration and somatic embryogenesis for four in vitro protocols.

Pop'n	d.f.	Roots	Shoots	Embryogenesis
Population	3	**	ns	ns
Genotypes (population)	165	ns	**	ns
Treatment	3	**	**	**
Population x Trt.	9	ns	ns	ns
Error	1257			

*,** - Estimate significant at the 5% or 1% of probability, respectively.

ns - Estimate not significant at the 5% level of probability.

Table 5. Mean values of the percentage of sweet potato cultures undergoing regeneration for four in vitro protocols.

Protocol	Roots	Shoots	Embryogenesis
A1	8.3 a	2.0 a	0.0 c
A2	2.5 b	1.9 a	3.0 b
A3	4.7 b	3.4 a	0.0 c
B	8.4 a	0.1 b	5.0 a
lsd	2.8	1.6	1.6
p>F	0.0001	0.0016	0.0001

Table 6. Mean values of the percentage of sweet potato cultures undergoing regeneration in four distinct populations.²

Population	Roots	Shoots	Embryogenesis
North Carolina	7.9 a	2.2	5.0
Philippines	2.3 bc	1.6	1.0
Taiwan	0.9 c	0.2	2.1
Puerto Rico	4.8 ab	1.9	3.1
lsd	3.6	2.1	2.1
p>F	0.0001	0.247	0.116

² - Means followed by different letters are significantly different at the $p = 0.01$ level. This table counts only the two successful treatments for embryogenesis - if all four trt. were included, the values would be halved.

This survey of genotypes and tissue culture protocols for propensity for morphogenesis indicates that both these factors are critical. Embryogenesis is the most useful type of regeneration from secondary culture, and cultures capable of producing a large number of embryos would be valuable in germplasm enhancement programs. Somatic embryos obtained in this study germinated normally and produced plantlets within a few weeks. However data in this study, which encompassed 360 genotypes, indicate that for this important trait, *in vitro* protocol overshadows genotype in importance. Shoot regeneration could be of similar importance if a large number of shoots could be obtained from a single culture. Sweet potato is unusual in that shoot regeneration may also occur from adventitious roots produced in culture (CARSWELL and LOCY, 1984). In this study root regeneration rates were generally higher than rates of shoot or embryo regeneration so this avenue of morphogenesis or somatic embryogenesis.

Table 7. Correlation of callus growth characteristics with regeneration in secondary cultures ~ All four populations combined.

Response variable	Sub _x Protocol	Root regen.		Shoot Regen.		Embryogenesis	
		A	B	A	B	A	B
Growth	2	-0.28**	ns	-0.16**	ns	ns	ns
Friability	2	-0.17**	ns	ns	ns	ns	ns
Orange	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Green	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dark	2	ns	0.14**	ns	ns	ns	0.15**
Snow	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Growth	3	-0.27**	-0.17**	-0.14**	ns	ns	ns
Orange	3	ns	0.12*	ns	ns	ns	ns
Green	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dark	3	ns	ns	ns	ns	-0.11*	ns
Snow	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*,** - The correlation is significant at the 5% or 1% level of probability respectively.

(-,+) - The two traits are negatively or positively correlated, respectively.

REFERENCES

- CARSWELL G.K. and R.D. LOCY. 1984. Root and shoot initiation by leaf, stem and storage root explants of sweet potato. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 3: 229-236.
- GRESHOFF P.M. and C.H. DOY. 1972. Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (tomato). *Planta* 107: 161-170.
- JARRETT R.L., S. SALAZAR and Z.R. FERNANDEZ. 1984. Somatic embryogenesis in sweet potato. *HortScience* 19:397-398.
- KEYES G.J., G.B. COLLINS and N.L. TAYLOR. 1980. Genetic variation in tissue cultures on red clover. *Theor. App. Genet.* 58: 265-271.
- LARKIN P.J., S.A. RYAN, R.I.S. BRETTEL, W.R. SCOWCROFT. 1984. Heritable samoclonal variation in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 67: 443-455.
- LITZ R.E. and R.A. CONCOVER. 1978. *In vitro* propagation of sweet potato. *HortScience* 13: 659-660.
- LIU J.R. and D.J. CANTLIFF. 1984. Somatic embryogenesis and plant regeneration in tissue cultures of sweet potato (*Ipomoea batatas* Poir). *Plant Cell Reports* 3: 112-115.
- LU C., V. VASIL and I.K. VASIL. 1983. Improved efficiency of somatic embryogenesis and plant regeneration in tissue cultures of maize (*Ea mays* L.). *Theor. Appl. Genet.* 66: 285-289.
- MURASHIGE T. and F.W. SKOOG. 1962. A revised medium for rapid growth and biocassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plantarum* 15: 473-497.
- SEHGAL C.B. 1975. Hormonal control of differentiation in leaf cultures of *Ipomoea batatas* Poir. *Beitr. Biol. Pflanzen* 51: 47-52.
- SIMON P.W. and S.J. PELOGUIN. 1977. The influence of paternal species on the origin of callus in anther culture of *Solanum* hybrids. *Theor. Appl. Genet.* 50: 53-56.
- TZAY H.S. and M.T. TSENG. 1979. Embryoid formation and plantlet regeneration from anther callus of sweet potato. *Bot. Bull. Academia Sinica* 20: 117-122.

- WHITE P.R. 1934. Potentially unlimited growth of tomato root tips in a liquid medium. *Plant Physiol.* 43: 1455-1457.
- YAMAGUCHI T. and T. NAKAJIMA. 1973. Hormonal control of organ formation in cultured tissues derived from root tuber of sweet potato. In *Proceedings of the 8th International conference (1974)*: 1121- 1127.

AN APPROACH TOWARDS POTATO UTILIZATION FOR THIRD WORLD COUNTRIES

R.H. BOOTH AND P. KEANE

International Potato Center
Apartado 5969, LIMA, PERU

ABSTRACT

Almost all food systems and manufacturing processes of today cater exclusively for the middle high income consumers. Sophisticated processes and techniques exploit the consumer's requirements and can offer a wide choice of products to satisfy even the most demanding marketing criteria. In contrast, little or nothing by way of a parallel is directed towards the abundant low income consumers in third-world countries. This consumer type is financially unable to benefit from the wide array of food products available in the market and because of seasonality and high perishability nutritious fruit, vegetable and root crops are excluded from their diets during certain periods of the year. Attempts to apply existing food science and processing technologies for the benefit of such consumers has commonly been approached from either a technological or nutritional stand-point and have not met with much success. This paper explains a consumer-orientated approach to the development of potato based food products at the International Potato Center. It not only illustrates how conventional food industry approaches, using consumer information (food habits and taste preferences, food prices, costs and availability of raw materials, nutritional factors and processing technologies), are being used to develop potato based products acceptable to Peruvian consumers but also attempts to illustrate the relevance of the approach to root crop processing in third-world countries.

RESUME

Presque tous les systèmes alimentaires et procédés de fabrication actuels s'adressent exclusivement aux consommateurs ayant des revenus moyens ou élevés. Des procédés et techniques sophistiqués tirent parti des demandes du consommateur et peuvent offrir un large

choix de produits pour satisfaire les critères de demande commerciale même les plus exigeants.

Au contraire, peu ou rien ne s'adresse à la masse des consommateurs à faible revenu des pays du Tiers Monde. Ce type de consommateur est financièrement incapable de bénéficier du large éventail de produits alimentaires disponibles sur le marché. A cause de leur saisonnalité, de leur faible durée de conservation, des fruits, des légumes, des racines sont exclus de leur alimentation pendant certaines périodes de l'année. Des tentatives pour appliquer la science des aliments et les procédés technologiques actuels au bénéfice de tels consommateurs sont communément envisagées d'un point de vue soit technologique soit nutritionnel et n'ont pas eu beaucoup de succès.

Cette communication explique une approche orientée vers le consommateur pour le développement de produits alimentaires à base de pomme de terre au Centre International de la Pomme de terre (IPC). Elle montre non seulement comment les approches de l'industrie alimentaire conventionnelle utilisant l'information sur le consommateur (habitudes alimentaires, préférences gustatives, prix alimentaires, coûts et disponibilité des matières premières, facteurs nutritionnels, technologies de traitement) sont utilisées pour développer des produits à base de pomme de terre acceptables par les consommateurs péruviens mais aussi des tentatives pour illustrer la pertinence de cet approche pour le traitement des cultures de tubercule dans les pays du Tiers Monde.

INTRODUCTION

An increasing number of potato producing countries throughout the world are showing interest in processing. Frequently, in third-world countries, this interest is based on ill-conceived ideals of helping to smooth-out the gluts and deficiencies, and accompanying high price fluctuations, of prevailing supply patterns. Similarly, this interest is commonly manifested in desires to copy products and processes presently being used in industrialised nations. Such thinking, which fails to consider food processing as part of an overall food plan of the country or region concerned, rarely leads to the establishment of successful research and development projects and even less frequently to the establishment of new food products and industries.

However, in defense of this unfortunate but prevailing approach, it must be mentioned that : a) almost all food manufacturing processes of today cater exclusively for the middle/high income consumers, who constitute a minority of the population in many developing countries, and b) most of the training which has been provided in food processing has been based in the industrialised nations with focus on individual components e.g. nutrition, new products, processing or marketing of the food system with relatively little attention being placed on the underlying principles of these components and their application to an integration into a total food program.

In the industrialised nations, sophisticated processes and techniques are available to exploit the consumers requirements and can offer a wide choice of products to satisfy even the most demanding market criteria. Consumer analysis and market study is continuous by most food processing companies and there is a consistent effort to improve and streamline their product development programs. This is based on the understanding that all successful products go through four main phases in the market place : introduction, penetration, maturation, and decline. The duration of each phase depends on many factors but one thing is certain, all products have a beginning and an end.

In contrast, nothing by way of a parallel is directed towards the abundant low-income consumers in third-world countries. Typically, these consumer types are financially unable to benefit from the wide array of food products on the supermarket shelves. This linked with seasonality, perishability and accompanying high price fluctuations means that nutritious fruit, vegetables and root crops, like the potato, are excluded from their diets during certain periods of the year. The effect of seasonal production on continuity of supply and associated price fluctuations are greatest where, for any reason, only one crop is produced each year. This is the case in numerous tropical potato producing countries where, for example, potato production is limited to the cooler winter months. In such situations potatoes need to be stored for long periods, commonly in hot humid environments, if a constant supply of fresh potatoes is demanded by the consumers. Such storage frequently requires refrigeration which, if at all feasible, is expensive and results in a high cost product to the consumer. In such situations, the processing of potatoes into a more stable and acceptable food product could greatly assist in maintaining the required supply of this nutritious vegetable to low-income consumers.

However, most food manufacturers are not concerned with these low-income groups and so the available advanced technologies and research inputs remain largely for the benefit of the upper classes. Where attempts have been made to apply existing food science and processing technologies for the benefit of these consumers, these have largely been approached from either a nutritional or technological standpoint and have met with limited success. The food value of highly nutritious products remain unrealised unless they are organoleptically acceptable to and liked by target consumer groups.

Potato Processing at the International Potato Center (CIP)

The objective of the small potato processing project at CIP is to attempt to remedy some of the above mentioned deficiencies. The project aims, through illustrating how underlying industrial food processing principles can be applied to simple potato processing, to develop a relevant approach

for initiating food processing enterprises in developing countries. Simultaneously, the project aims to illustrate how consumer use of potatoes could be considered as having four basic phases : consumer study, product development, process development and transfer of technology.

The consumers

Any successful food processing project must be based on an identified consumer need or opportunity. This requires a knowledge and understanding of the target consumer group. This in turn requires an organised research input aimed at developing a product feasibility brief. Such a methodical approach should reduce risk and hopefully eliminates irrelevant data and allows a potential project to emerge. Due to shifting patterns in target consumer groups such studies must be a continuing process in any food processing project.

In Peru, which has an estimated population of 18 million, a continually growing and significant proportion of the population live in city slum settlements. Lima, the capital city, has close to 300 such settlements with a population in excess of 1.2 million. Other cities and towns have similar settlements.

The average income for a family living in such settlements has been calculated to be certainly no more than US \$ 130 per month. The present minimum wage is much lower than in dollar terms. In Peru, as a whole, an average family spends 60 per cent of their income on food, 24 per cent on clothing and medicine and the remainder on fuel, travel and electricity. Rice and potato account for one third of the money spent on food and approximately 30 kgs of each are consumed per family each month. As high rates of inflation continue to push food prices upward an ever increasing percentage of income is being spent on food, particularly in the lower income settlements.

The severe economic pressure under which these consumer types live force all family members to seek employment thus leaving little time for domestic work and food preparation. This, contrary to much common thinking, is creating a greater demand for convenience foods in the lower income groups than in upper income groups. Upper income groups commonly employ domestic help and so the time spent on food preparation is less critical to them. In spite of this, however, the small existing food processing sector caters primarily for these upper classes. For example, of the 250,000 ha of land dedicated to potato production in Peru, only 2 per cent of total production is processed. The conventional products, chips and French fries, are destined for the higher income groups.

In target areas information was collected on existing food habits as a means of helping to define market opportunities. It was found that, although along with rice, potatoes shares first place in consumer buying preference for agricultural produce, price fluctuations cause potatoes to become too expensive for many families within the low-income areas during certain periods of the year. A specific objective of the project thus became to find a way of utilizing the nutritional and organoleptically acceptable potato in processed foods that are within the economic constraints of low-income target consumers.

Product Development

If a potato based food is to have a long shelf life it must be processed. Of the conventional processes : freezing, canning and dehydration, the latter is the least expensive when one takes into account the overall costs and is the most relevant to the majority of developing countries. In most developing countries an extensive frozen marketing chain is not in place and the cost of canned produce places them financially out of reach to the majority of consumers.

If one produced a pure potato dried product, its cost based on the dry matter content of potatoes and not considering any processing costs must be approximately six times the cost of the fresh potatoes. Applying this to the cost of potatoes in Peru would make the price of dried potato too expensive compared with other dehydrated food product available in the market place. However, if one dilutes the potato with other lower cost national products such as cereals and legumes, it becomes theoretically possible to produce a product with a competitive price. Having been forced for economic reasons to consider the idea of potato extension or potato based food mixes, it becomes possible to consider enhancing the nutritional value of the potato by selecting other ingredients to strengthen the nutritional weaknesses of the potato.

Based on this, a number of dehydrated blends of predominantly cereals, legumes and potatoes were prepared in proportions which acknowledged the economic necessity for low prices foods. Based on flavour and cost some of the products were selected for consumer testing. One such mixture appears to have wide acceptance with Peruvian consumers. This mixture in its dried form contains 30 per cent potato with the balance composed of flours of rice, beans, oats, barley and maize, all of which are produced within Peru.

The approximate nutritional value of this mixed product, calculated from food data tables, is 10.6 per cent protein and 333 kcal of energy per 100 grams of product. The accuracy of this estimate has been confirmed through chemical analysis. Based on a method used by FAO/WHO, the calculated probable efficiency value of the products protein is 86 per cent as compared to 82 per cent, 70 per cent and 41 per cent

respectively for the proteins of potato, rice and beans alone. The dried product is reconstituted and prepared by the addition of approximately one litre of water to 80 grams of the mix and boiling for about 25 minutes. The cooked product, which has the consistency of a thick soup or porridge, has a neutral or bland taste which can be used as a base for breakfast, savory or dessert foods. For example, in some tests, consumers have added a little cocoa, sugar and cinnamon at the final stages of cooking and have made an appetizing breakfast food.

In initial consumer acceptability tests, more than one thousand individuals in two cities of Peru sampled the product. In these tests families were given half a kilogram of product for 'in-home' evaluation after a brief demonstration and tasting of the mixture. The results in all these tests were encouraging indicating a broad acceptance of the product. At this stage a product brief was developed. Confirmations of these initial consumer acceptability tests have been obtained from the continued daily use over an eighteen month period in a common kitchen providing lunch for approximately 100 children and in an extensive school feeding test involving six tons of product.

Process Development

The process used for producing the test mixtures was simple. Potatoes are cooked and mashed. Flours produced from the selected cereals and legumes are then mixed with the mashed wet potato. The mixing spreads the moisture content of the potato over the whole mix thereby facilitating easier drying. Drying has been accomplished by means of solar energy though, of course, artificial means can also be applied at a higher cost.

The sequence and process details may vary with different production scales, conditions and needs, and thus should not be regarded as fixed. In response to national interest in different levels of production, two demonstrative lines have been developed in the small experimental pilot plant at the CIP Huancayo research station. Huancayo, at an altitude of 3,200 m above sea level is situated in a major potato producing region in the central highlands of Peru and where the other mix ingredients are also readily available.

One line has the capability of producing 100 kg of dried product per week. One hundred kilograms of product would produce five thousand food portions of 20 grams of mix in 250 ml of water. This would be enough for a family of 6 to eat the product three times a day for nine months. This small line is aimed at the individual farm or urban family. For the farm family the advantages of simply converting a portion of the harvested potatoes into a processed product to give year-round food stability is being stressed. Also,

by processing the poorer quality tubers, storage and marketing of the fresh tubers could be improved.

The approximate raw material requirements and prepared raw material inputs are shown in Table 1.

Table 1. Ingredient requirements to produce 100 kg of product

Raw Material	Potato	Rice	Broad beans	Oats	Barley	Maize	Salt
Requirements (kg)	170	17	21	21	23	12.5	4

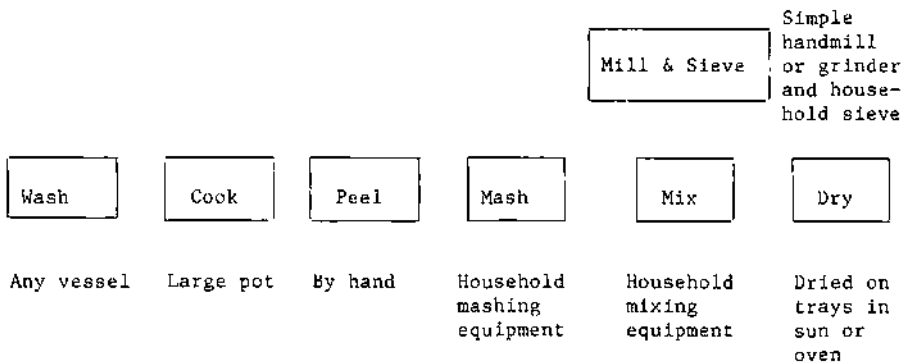
Prepared Raw	Boiled Rice	Broad bean	Oats	Barley	Maize	Salt	
Materials (kg)	mashed flour potatoes	flour	flour	flour	flour		
	120	16	16	16	16	12	4

The process steps used in the CIP line are illustrated in Figure 1. The processing implements used for this scale of operation are commonly available in most family kitchens or can readily be purchased locally.

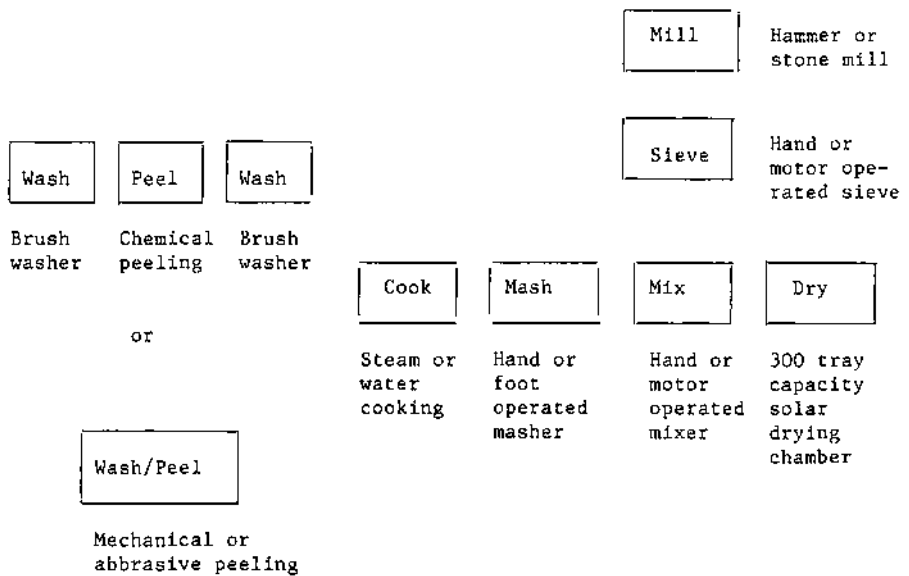
The second line is directed to the community or small factory scale of operation and has the capacity of 1 to 2.5 tons per week. One ton of product will provide 50 thousand 20 gram/250 ml food portions, which would be sufficient for 396 families of six to eat the product three times a day for a week. The approximate ingredient requirements to produce one ton of product are ten times those illustrated in Table 1. All the small scale processing equipment used in this line (Figure 2) has been manufactured locally in Peru. Experience with this line has given a recovery rate of 54 per cent on the prepared raw materials, the wet mix having a moisture content of around 50 per cent and the final product 8 per cent to 10 per cent. The product is sun dried in a walk-in solar drying chamber. The central Andes region of Peru commonly has an eight month dry season and a four month rainy season. The potato harvest coincides with the beginning of the dry season during which period radiation levels are approximately 3000 kcal/m²/day. The drying chamber has a mean temperature of 21°C. This rises to 50° - 65°C on sunny

Figure 1

Flow diagram for 100 kg per week production line

Figure 2

Flow diagram for 1-2.5 tons per week production line



cloudless days, but remains below 35° C on rainy days. This means that even on the poorest drying days, from every 500 kg of wet mix placed in the chamber on 100 one meter square trays 270 kg of dried mix is produced every 48 hrs. The capacity of the line is largely determined by the size and efficiency of the drying facilities.

When producing and preparing foods for human consumption great care should always be exercised. During processing good manufacturing practices should be adhered to including personal hygiene, control of incoming ingredients, and quality control of process and finished product. It is always an advantage, from a microbiological point of view, to have a processed product which requires cooking prior to consumption, as is the case with the above described potato based food mix. Notwithstanding the safeness of this approach, it should always be the intention to produce the best and most hygienic product possible, consistent with the available resources. Although the CIP pilot lines are not operated commercially, product samples have been analysed in both the USA and Europe. In both cases all bacteriological counts were below the limits set for this product type in those countries. This simply serves to illustrate that products of acceptable bacteriological quality can be produced on simple lines relying on solar drying. Similarly, shelf life studies have illustrated that the product can be stored simply for periods of at least 12 months with no loss in consumer acceptability.

Transfer of Technology

As stated earlier, the overall objective and aim of this CIP potato processing project is to develop an approach to incorporate simple processing of local produce into stable foods, acceptable to low income consumers, within local food systems. Thus, although important primary attention in transfer efforts, outside of Peru, should not be placed on the specific product or production processes. Potato, or other commodity based dry food mixes can be modified according to consumer taste preferences, costs and availability of ingredients. Local crops with specifically desirable attributes can readily be incorporated into such processed foods. As already mentioned, the sequence and process details will vary according to many location specific factors.

In Peru itself, and with assistance from various national institutions, transfer efforts are being concentrated at three levels of operation. Commercial entrepreneurial interest is beginning to be shown in the product and small factory scale operations. The CIP pilot plant line has been demonstrated to interested parties. In both urban and rural communities that have been exposed to the product, interest is being expressed in the possibility of producing such a product within and for the community. Here again, emphasis must be placed on local availability and cost of ingredients, and

specific local crops to satisfy consumer preferences. In the central Andes region efforts have commenced on transferring this approach to potato utilization to individual families and one or two families in three selected areas have started to experiment with the product and process. All these efforts will be strengthened and continually evaluated in the coming months.

Outside of Peru, interest in this approach to potato utilization has already been shown by a number of countries including Bolivia, Colombia, Guatemala, Mexico, Bangladesh, Bhutan, Sri Lanka, Thailand and the Philippines. Food scientists from Guatemala and Bangladesh have received training at CIP and are being assisted in establishing similar projects in their own countries. Additional training will be given to scientists from Bolivia, Colombia and Bhutan in 1985. Also, and as a means of illustrating the flexibility of the approach examples of different potato and sweet potato based dried food mixes have been sent to interested scientists in several countries.

All these transfer efforts require additional strengthening through more training and back up visits and research. However, preliminary indications are that an industrialised approach can be applied to the development of simple processed potato products for low-income consumers in third-world countries provided that emphasis, from the beginning and throughout product and process development and transfer phases, is placed on the specific needs of the target consumer group.

YIELD RESPONSE AND MINERAL CONTENT OF POTATOES UNDER SALINE CONDITIONS

*(Response du rendement et de la Composition minérale
de la Pomme de Terre a des conditions salines)*

P. WIRTH

Institute of Crop Science
Section Agronomy
Technical University Berlin
Albrecht-Thaer-Weg 5
D-1000 Berlin 33
WEST GERMANY

SUMMARY

Aim of the experiments was to determine ion specific and complex effects of different salts on the development of the canopy, tuber formation yield and mineral content of potatoes. Yield formation was taken as an important parameter of salt tolerance.

During two vegetation periods NaCl and Na₂SO₄ were applied in 4 concentrations. The experiment was carried out under semi-controlled conditions in pots.

To get detailed informations about the development phases of the plants during the vegetation period, samples were harvested 39, 53, 74 and 95 days after planting.

Increasing salt concentration reduced the total yield and changed significantly the number of tubers, tuber size and tuber weight. The mineral content showed also differences in the reaction to both salts and salt concentrations as measured in the yield formation.

A significant shifting of the content of cations was observed especially in the canopy. The shifting of the cation content was not so distinct in the tubers. The starch content of the tubers was significantly reduced by increasing concentrations.

RESUME

Durant deux périodes de végétation, différentes concentration de chlorure de sodium et de sulfate de sodium ont été appliquées. Ces expérimentations ont été conduites en pots, en conditions semi-contrôlées.

Selon le niveau de concentration saline et la nature des ions, la surface foliaire a été significativement réduite et l'élaboration du rendement retardée.

L'augmentation de la concentration saline a réduit le rendement final et changé significativement le nombre, la taille et le poids des tubercules. La composition minérale a aussi montré des différences dans la réaction aux deux sels et à leurs concentrations.

Des changements significatifs de composition cationique ont été observés surtout dans les parties aériennes.

Le contenu en amidon et en azote total a été significativement influencé par des concentrations croissantes.

INTRODUCTION

Hitherto, only few investigations are reportedly made on salt tolerance of the potato crop. But with a remarkable increase in the production of this crop in semiarid regions in the last ten years, it seems imperative that a considerable attention should be given to this specific problem area.

BERNSTEIN et al. (1951) reported that at higher irrigation frequencies, an ECs of 6.2 mS/cm reduced the yield of the potato variety "White Rose" by 50 per cent, whereby size and number of tubers played an important role. BOUAZIZ (1980) found a 30 per cent yield loss in variety "Spunta" at 8 mS/cm, which he said was attributed to a reduced single tuber weight. It was also observed that high salt concentrations lead to different cation and anion contents in various plant organs. ABDULLAH and AHMAD (1982) said that in varieties "Multa" and "Atom" salt concentrations ranging from 8-10 000 ppm cause a decrease in chlorophyll and protein content whereas lower concentrations favor their production.

In connection with fertilization, BUCHNER (1951), LATZKO (1955), LEMPITZKAJA (1960), and HAEDER (1975) observed a shift in the profile of carbohydrates, disturbance and inhibition of translocation of assimilates from leaves and stems which was caused by accompanying elements.

It is also known that different plants and varieties within a plant react differently to salinity depending on their stages of development (GREENWAY 1962, EL-GIBALY and GOUMAH 1969, RUSITZKA 1982, DORING 1985). The objective of this study was therefore to determine the effect of salt treatments at different phases of potato development.

MATERIALS AND METHODS

A two-year pot trials were conducted under partially controlled conditions in a growth house. The plants were grown in 10 lt-pots containing a mixed medium of fine sand, compost and peat. The water capacity amounted to 18 per cent by volume, the moisture of the soil was kept at its field capacity throughout the growing period. Immediately after planting of the pre-sprouted seed pieces, 150, 300, 450 and 600 meg/pot of NaCl or Na₂SO₄ were applied. Data on the aboveground plant parts were collected weekly. Sample plants were harvested 39, 53 and 74 days after planting and after senescence.

RESULTS AND DISCUSSION

The applied concentrations were chosen in such a way that salt injuries with combined effects could occur at all levels of treatments.

In this study the development of potato plants will be discussed through the formation of dry matter, starch and some mineral elements.

Formation of dry matter

39 days after planting, all treated plants formed significantly lower DM than the control plants. The latter have already produced tubers 53 days after planting, there was no difference between the DM content of the foliages of plants treated with 150 meg of either NaCl and Na₂SO₄ and the control plants. Generally, plants treated with Na₂SO₄ produced more DM than those treated with NaCl. Leaf and stem DM production of control plants decreased after 74 days from planting, as a result of which, plants treated with 150 meg of either salts produced significantly more leaf mass than those of the control plants.

Dry matter production of tubers after 53 and 74 days from planting was reduced in plants treated with both salts and this reduction was highly significant between all different treatment levels. But after senescence, no significant difference was found in DM content of untreated and with 150 meg treated plants of Na₂SO₄. This was not the case with NaCl at 150 meq concentration.

These observations confirm on one hand the different influences of both salts, on the other hand, the occurrence of additive osmotic and ionspecific effects.

The development of the DM formation (Fig.1) shows that a delay caused by salt treatment at early stages of

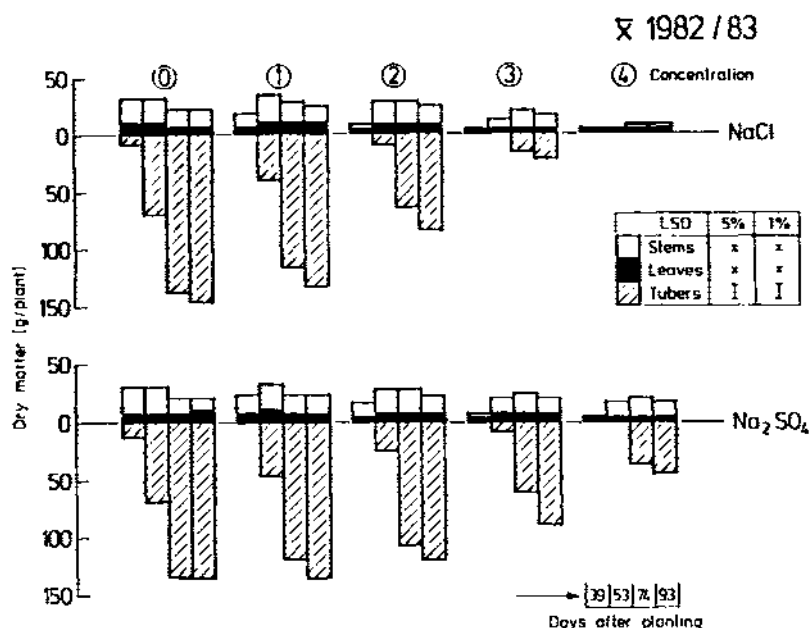


Fig. 1 : Dry matter development

growth can be compensated in the course of the vegetation period under the given circumstances. This holds true not only to the formation of the above-ground plant parts but also - with some restriction - to the formation of tubers.

The premature death of plants, observed by other authors, cannot be confirmed in this case ; probably due to the optimum water supply throughout the growth period.

Starch content of tubers

The influence of the two salts on starch formation 73 days after planting was different. As shown in Table 1, at concentration greater than or equal to 300 meq, the negative influence of Na₂SO₄ was significantly less than that of NaCl. After senescence, a certain compensation took place, nevertheless, there is a clear difference between years. Here also a shift in development phases and a possible compensation are to be anticipated.

Table 1 changes in relative values of starch content as a result of NaCl
and Na₂SO₄ in 4 concentrations, at two harvest

Comparison of starch content (relative values)

Salt	Concentration	Days after planting							
		74				86/93			
		1st year		2nd year		1st year		2nd year	
		% Rel.	diff.	% Rel.	diff.	% Rel.	diff.	% Rel.	diff.
Na Cl	0 (0 meq/pot)	100	-	100	-	100	-	100	-
	1 (150 ")	96,25	- 3,75	96,39	- 3,61	96,76	- 3,24	102,41	+ 2,41
	2 (300 ")	88,66	- 11,34	87,68	- 12,32	92,49	- 7,51	92,64	- 7,36
	3 (450 ")	71,98	- 28,02	71,30	- 28,70	91,03	- 8,97	86,95	- 13,05
	4 (600 ")	-	-	62,62	- 37,38	-	-	85,10	- 14,90
Na ₂ SO ₄	0 (0 meq/pot)	100	-	100	-	100	-	100	-
	1 (150 ")	97,49	- 2,51	98,31	- 1,69	100,99	+ 0,99	100,09	+ 0,09
	2 (300 ")	95,13	- 4,87	95,96	- 4,04	95,47	- 4,53	99,01	- 0,99
	3 (450 ")	91,02	- 8,98	91,76	- 8,24	92,92	- 7,08	87,66	- 12,34
	4 (600 ")	78,38	- 21,62	72,32	- 27,68	87,23	- 12,77	84,51	- 15,49

Contents of minerals : K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+

Means of K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} and Na^+ contents of leaves, stems and tubers of plants treated with different concentrations of NaCl and Na_2SO_4 for two years are depicted in Fig. 2. The results varied between years. The contents of K^+ , Ca^{++} and Mg^{++} were higher in 1983 than in 1984.

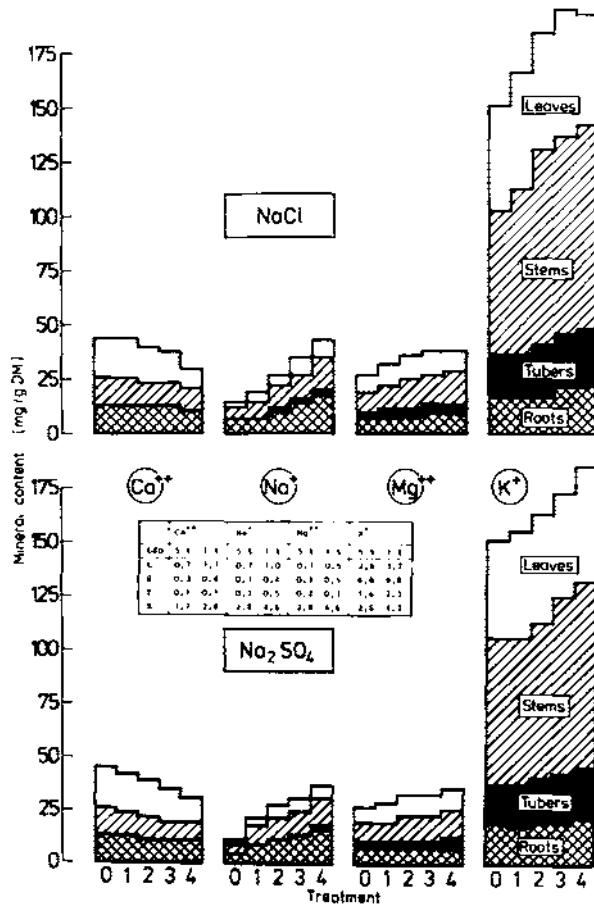


Fig.2 : Mineral content of leaves, stems
tubers and roots
Average values of 4 harvests over 2 years

Potassium

Treating plants with NaCl leads to a significantly reduced content of K^+ in the tubers as compared to those treated with Na_2SO_4 .

An increase in concentration of both salts brought about a remarkable increase in K^+ content. This increase is significant in leaves even at lowest concentration (150 meq). In stems of Na_2SO_4 treated plants, however, a significant increase was first observed at a concentration of 300 meq. For any given concentration, plants treated with Na_2SO_4 had lower K^+ content as those treated with NaCl.

Any increase in K^+ content of roots was hardly observed for both salts and all concentrations.

Calcium

The Ca^{++} content of leaves and stems, but not that of tubers and roots, was differently affected by salt types only in the 2nd year.

Except for the 150 meq treatment, the Ca^{++} observation in leaves and stems was significantly inhibited with increasing concentration. In tubers, however, no difference in Ca^{++} content were seen except for the highest concentration.

The high Ca^{++} contents in the roots was reducing significantly with increasing concentrations, in Na_2SO_4 plants at 300 meq, in NaCl plants at 450 meq.

Magnesium

Generally speaking, the Mg^{++} content was not affected by salt type. A significant increase in Mg^{++} content of leaves and stems was observed with an increase in concentration. With comparable concentrations, the Na_2SO_4 plants showed significantly less Mg^{++} content, but only in the stems. In roots, Mg^{++} increased significantly only with higher concentrations. In tubers, Mg^{++} increased significantly - like in stems and leaves - with increasing concentrations.

Sodium

With increased concentrations sodium was stored more intensively in leaves and stems, the differences between concentrations were statistically significant. Though - except with 150 meq - the Na_2SO_4 plants were less enriched with Na^+ than the NaCl plants.

Sodium increased also intensively in the tubers at 150 meq, though not significantly.

The increasing of Na^+ was especially to be seen in the roots, with increased concentration of both salts.

REFERENCES

- ABDULLAH Z.N. and R. AHMAD, 1982. Salt tolerance of *Solanum tuberosum* L. Growing on Saline Soils Amended with Gypsum. Z. Acker - u. Pflanzenbau, 151, 409-416.
- BERNSTEIN L., A.D. AYERS and C.H. WADLEIGH, 1951. The salt tolerance of White Rose potatoes. Proc. Amer. Soc. hortic. Sci. 57, 231-236.
- BOUAZIZ E. 1980. Tolerance à la salure de la pomme de terre. Physiol. Vég. 18(1), 11-17.
- BUCHNER A. 1951. Beitrag zur Frage der Chlorionenwirkung auf den kohlenhydrat-stoffwechsel unserer kulturpflanzen. Z. f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde 52, 225-242.
- DÖRING J. 1985. Einflub verschiedener Salze auf den Stoffwechsel von *Punica granatum* L. Diss. TU-Berlin.
- EL-GIBALY, H. and H. GOUMAH 1969. The effect of salinization on the growth and yield of sugar cane. Betr. Trop. Veterinärmedizin, 7, 27-39.
- GREENWAY H. 1962. Plant response to saline substrates. I. Growth and ion uptake of several varieties of *Hordeum* during and after sodium chloride treatment. Aust. J. Biol. Sci. 15, 16-38.
- HAEDER H. E. 1975. Einflub chloridischer und sulfatischer Ernährung auf Assimilation und Assimilatverteilung in Kartoffelpflanzen (Landw. Forschungsanstalt Bünthehof, Hannover). Landw. Forsch. 32/I, 122-131.
- LATZKO E. 1955. Beziehungen zwischen Cl^- und SO_4^{--} -Ernährung, Assimilationsintensität, Enzymaktivitat, Kohlenhydratstoffwechsel und Qualität der kartoffeln. Z.f. Pflanzenern, Düngung u. Bodenk. 68, 49-55.
- LEMPITZKAJA V.A. 1960. Einflub verschiedener Salzarten auf die Anhäufung von Kohlenhydraten in der Kartoffel. Kali-briefe (Bern). Fachgeb. 11, 12 Folge.
- RUSITZKA G. 1982. Über den Einflub von Natriumsalzen auf Wachstum und Ertrag von Ackerbohnsensorten (*Vicia faba* L.) unterschiedlicher Herkunft. Diss. TU Berlin.

PRODUCTION DE POMMES DE TERRE AUX ILES AUSTRALES :
RECHERCHE ET ANALYSE DES COMPOSANTES EXPLICATIVES
DU RENDEMENT EN MILIEU PAYSAN

*(Potato Production in the Austral Islands : A Research and Analysis
of the explicative components of yield among farmers)*

PENOT Eric, REBOUL Jean-Louis, TAIMANA Jean

GERDAT-IRAT

B.P. 494

PAPEETE (TAHITI)

RESUME

Depuis 1980 une opération de Pommes de terre a démarré aux Iles Australes en Polynésie Française. Fortement encouragée par les Pouvoirs Publics soucieux de développer des activités fixatrices des populations dans les archipels éloignés de la zone urbaine de Papeete et intéressant un nombre croissant de producteurs, cette opération se révèle assez décevante sur le plan des résultats. Une enquête agrosocio-économique a donc été entreprise tout au long de la campagne 1984 sur l'île de Tubuai, principal centre de production, parallèlement à une réorganisation de l'enca-drement des agriculteurs. Conduite sur près de 159 exploi-tations représentant une production de 700 tonnes de Pommes de terre en 1984, cette enquête a permis de définir des facteurs prioritaires du rendement. Les caractéristiques pédologiques, la réalisation d'une couverture phytosanitaire correcte et le traitement des semences avant la plantation constituent les plus significatifs, confirmant les principaux résultats des expérimentations antérieures.

SUMMARY

Since 1980 an operation of potato production has been developped in the Austral Islands in French Polynesia. Aiming at fixing population out of the urban zone of Papeete and interesting a growing number of producers, its results are not a success. An agro-economic inquiry has been done in 1984 along with a renewing of producers monitoring, in the Tubuai island, the main producing center. These inquiring involving 150 farms and 700 T of potato permits to define some prioritary component of yield among with the pedologic plot data, the phytosanitary covering, and the seed treatment before plantation, this confirming precedent experimental results.

LA POLYNESIE FRANCAISE

Le territoire de la Polynésie Française est composé de 143 îles et flots représentant plus de 4 000 km² de terres émergées réparties sur une étendue de 4 millions de km² d'Océan, et situées entre les longitudes 158° Ouest et 133° Est, et les latitudes 8° et 27° Sud.

Les îles sont toutes d'origine volcanique, îles basses coralliennes des Tuamotu (atolls) et îles "hautes", entourées ou non d'un récif corallien délimitant un lagon.

Le climat est du type maritime de nature tropicale, adouci par des eaux océaniques fraîches, dérivées du courant de HUMBOLT. Il comprend deux saisons : une saison chaude et humide de novembre à avril et une saison fraîche et sèche de mai à octobre.

La pluviométrie moyenne annuelle varie de 600 à 2 000 mm, selon un gradient orienté Sud Ouest. Elle passe largement du simple au double entre l'archipel des Marquises et celui des Australes. Les pluies torrentielles sont fréquentes de décembre à mars, causant d'importants dégâts et une érosion très forte.

La pression atmosphérique fait apparaître la saison fraîche comme une zone de pression moyenne à haute.

Les vents prédominants sont des alizés NE et SE.

On note dans ces régions la fréquence élevée, un tous les 5 ans, de petits raz de marés, les ISUNAMI, ne causant que très peu de dégâts, ce qui n'est pas le cas des cyclones (8 en tout depuis le début du siècle) en particulier celui de 1983 sur Tahiti.

Le territoire est peuplé de 166 753 habitants (1983) à majorité Polynésiens et Polynésiens mixtes, dont 7400 asiatiques et 19300 européens. Cette population est jeune, 50 pour cent des individus ont moins de 20 ans.

LA POMME DE TERRE EN POLYNESIE FRANCAISE

Introduction

La Polynésie Française a connu, depuis les années 1963-1964, une brutale évolution économique sociale suite au développement de l'industrie touristique et à l'installation du Centre d'Expérimentation du Pacifique.

Cette évolution s'est notamment traduite par une hausse considérable du niveau des coûts et des salaires : parallèlement, la demande de produits alimentaires d'origine

animale et végétale s'est développée très rapidement en même temps qu'elle s'est diversifiée du fait de l'apparition de nouvelles habitudes.

C'est ainsi que les importations de Pommes de terre ont évolué dans les proportions suivantes de 1960 à 1975.

Années	Importations (T)	Valeur (Milliers de FF)
1960	785 Tonnes	477
1964	1 891 -	998
1975	3 647 -	4 207

Si l'on ajoute à ces quantités de Pommes de terre importées en frais la somme des importations de Pommes de terre transformées (conserves, chips, purée déshydratée, frites surgelées...) on s'aperçoit que la pomme de terre est devenue l'un des constituants de base de l'alimentation des habitants de la Polynésie Française.

Consciente de l'existence de ce fait d'un marché important pour une nouvelle production agricole locale susceptible d'être créatrice d'emplois et de contribuer à l'assainissement de la balance des importations, les responsables du Territoire ont décidé que les efforts nécessaires soient entrepris pour développer la production des Pommes de terre en Polynésie Française.

Déjà par le passé, des essais avaient été tentés aux îles Australes, au climat jugé plus favorable que celui de Tahiti, durant la dernière guerre mondiale, puis en 1955 et enfin entre les années 1963 et 1965 ; les résultats enregistrés alors ayant été jugés encourageants, c'est dans cet archipel des Australes et principalement sur l'île de Tubuai que les responsables polynésiens ont décidé de développer cette culture, à la fois pour les raisons d'ordre climatique évoquées plus haut, mais surtout pour des raisons socio-politiques, l'activité "pomme de terre" étant susceptible de constituer la base d'une économie agricole prospère de cet archipel éloigné et d'y contribuer à en fixer la population.

Afin de préciser les éléments techniques et économiques préalables au démarrage d'une telle opération de développement, une campagne d'expérimentation agronomique sur "pomme de terre" fut mise en place à la fois à Tubuai et à Tahiti, tandis que diverses mesures d'incitation et d'assistance par les Pouvoirs Publics (Service de l'Economie Rurale) étaient décidées.

Développement d'une production locale

Après 2 tentatives infructueuses, l'une de 1975 à 1976 à l'initiative des Pouvoirs Publics (les agriculteurs n'ont pas suivi) l'autre de 1977 à 1979 matérialisée par l'implantation d'une société privée travaillant sur une ferme de 50 ha (elle devait faire faillite), on a assisté à partir de 1980, au développement de la culture de la Pomme de Terre sur l'île de Tubuai, dans le cadre de petites exploitations de type familial.

Aussitôt soutenue massivement par les Pouvoirs Publics, cette activité allait en augmentant progressivement d'une année sur l'autre, sur l'île de Tubuai d'abord, puis sur les îles de Rimatara et surtout Rurutu, ensuite.

La production locale de Pommes de terre a évolué comme suit de 1975 à 1983 :

Années	Conditions de production	Productions (T)	Importations (T)
1975	Intervention directe de l'Administration	49,7 T	3 647 T
1976		15,4 -	3 375 -
1977	Société privée de Développement	264,6 T	3 158 T
1978	"	382,6 -	2 296 -
1979	"	117,8 -	2 663 -
1980	Petites exploitations	324 -	2 640 T
1981	"	516 -	2 110 -
1982	"	711 -	1 998 -
1983	"	674 -	2 020 -

Les caractéristiques de cette production

Les conditions de milieu de l'île de Tubuai

- Tubuai est une île haute de 45 km² de superficie située à 149°27'41" Longitude Ouest et 23°30'35" Latitude Sud.

- Cette île entourée d'un récif corallien, présente
- Cette île entourée d'un récif corallien, présente

de nombreuses surfaces planes régulièrement distribuées autour de 2 massifs basaltiques centraux fortement érodés et d'altitude très moyenne.

- La population est de 1 714 habitants, 38 pour cent des ménages étant recensés comme exploitants agricoles.

- Les températures sont plus fraîches qu'à Tahiti (moyenne des Minima de 22,2°C en avril, 18,5°C de juin à octobre) et les pluviométries de l'ordre de 2000 mm par an, les pluies étant relativement bien réparties sur l'année.

- S'agissant des sols pouvant être plantés en Pomme de Terre :

- . sables coralliens de la dune littorale et sables à horizon humifère plus ou moins développé de la plate forme corallienne (potential total = 600 ha)

- . sols plus ou moins hydromorphes de la zone marécageuse plane (potentiel = 1 400 ha)

- . sols colluviaux à horizon humifère plus ou moins épais des surfaces en faible pente au pied des zones montagneuses (potentiel = 300 ha)

- . sols ferrallitiques à horizon superficiel riche en matière organique de la zone collinaire du centre de l'île (300 ha).

Bases techniques et encadrement

Les bases techniques ont été définies suite aux divers essais conduits tant à Tubuai qu'à Tahiti depuis 1975 et grâce aux recommandations faites en 1980 par M. PERENNEC, de l'INRA, appelé en consultation par le Territoire.

L'encadrement technique des planteurs sur le terrain est assuré par le Service de l'Economie rurale.

Mesures d'aides mise en place

Pour soutenir et encourager le développement de cette production locale dans le cadre de petites exploitations familiales, les responsables du territoire ont institué à partir de 1980, une série de mesures d'aides et de dispositions d'assistance.

- organisation de la desserte maritime de l'archipel (rotation de 2-3 semaines)

- organisation au travers d'une Société d'Economie Mixte, la Société pour le Développement de l'Agriculture et

la Pêche (SDAP) de l'approvisionnement en semences de Pomme de Terre, en engrais, pesticides et matériels adaptés, et des travaux de préparation des terres (parc à matériel lourd)

- mise en place de facilités financières adaptées et instauration d'une subvention à la semence (30 F CP/kg) versée à chaque planteur au prorata des semences achetées à la SDAP

- interventions directes chez les exploitants (mise à la disposition des planteurs de matériels de pulvérisation gérés par une coopérative créée à cet effet, mais véhiculés en fait par les agents du Service de l'Economie Rurale)

- organisation de la commercialisation toujours au travers de la SDAP

- arrêt des importations de Pomme de terre pendant la saison locale, et fixation d'un prix de campagne.

Répartition du soutien du Territoire sur les divers postes de dépense

	Semences	Engrais	Traitement phytosanitaires	Défrichement au Bull	Travail du sol au tracteur
Territoire	35 %	65 %	0 %	75 %	70 %
Agriculteur	65 %	35 %	100 %	25 %	30 %

Les résultats

Fin 1983, les résultats étaient jugés très médiocres tant sur le plan technique, que sur le plan financier compte tenu des efforts très importants consentis par les Pouvoirs Publics.

Récapitulation des surfaces et rendements pour la culture de Pomme de Terre pour la seule île de Tubuai.

Année	Surface totale (ha)	Nombre d'Agriculateurs	Poids de semences		Production totale (T)	Rdts pour 1 t de semences	Rdts T/ha	Superficie par exploitation (ha)
			T	T/ha				
1979	19,4	44	41,7	2,15	117,8	2,79	6	0,44 ha
1980	31,9	41	68,5	2,15	223	3,25	7	0,78 -
1981	34,9	47	116,8	3,55	378,8	3,04	10,8	0,74
1982	27,7	50	106,6	3,8	496,1	4,7	17,9	0,55
1983	45,6	102	122,4	2,68	436,1	3,6	9,6	0,44

L'ENQUETE REALISEE A TUBUAI EN 1984

Compte tenu des résultats médiocres de cette opération, un schéma d'intervention sur la campagne 1984 a été proposé aux responsables du Territoire par la Mission GERDAT-IRAT, impliquant notamment :

- l'organisation d'une enquête agro-économique
- le renforcement du dispositif d'encadrement grâce à une meilleure formation des techniciens concernés et la mise en place de parcelles de démonstration.

L'enquête programmée avait pour objet :

- de constituer un recueil de références techniques précises et individuelles pour chaque parcelle plantée et établir ainsi un constat de la réalité agronomique sur le terrain, l'exploitation d'un tel suivi devant permettre de dégager et hiérarchiser les variables explicatives du rendement

- de collecter les caractéristiques principales de l'exploitation et du producteur, leur analyse permettant de mieux situer la culture de la Pomme de Terre dans son contexte au sein de l'exploitation et de mieux connaître les motivations du planteur vis à vis de cette culture.

LES RESULTATS DE L'ENQUETE

Enquête sur les exploitations

Cette première partie de l'enquête réalisée en juin 1985 a permis de définir sommairement les principales caractéristiques des 124 exploitations suivies.

Activité du ménage agricole

Toute la population semble concernée par l'opération "Pomme de Terre" ce qui montre que l'agriculture est une activité très significative.

Age en années	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
% des planteurs	1,6	4,0	20,2	12,1	7,3	4,8	1,6	12,9	9,7	7,3	1,6	1,6	0,8

- Toutefois il semble qu'il y ait 2 générations distinctes concernées : les 20 à 35 ans (36,3 pour cent des planteurs) et les 50 à 65 ans (29,9 pour cent).

- les familles sont nombreuses la moyenne d'enfants est de 4

- 39 pour cent ne parlent pas le Français, les 13,5 pour cent qui sont "diplômés" le sont en général au niveau BEP et CAP et exercent alors très souvent une activité principale non agricole

- la double activité est une des caractéristiques principales (46 pour cent le mari, 44 pour cent pour son épouse) ce qui montre que le souvent le ménage compte sur un salaire fixe (dans ce cas, l'échec relatif d'une culture de Pommes de terre n'est pas trop pénalisant sur le plan financier)

- 35,5 pour cent des ménages sont des agriculteurs stricts, 53,5 pour cent exercent, en plus de l'agriculture, une activité d'artisanat (travail du bois, du bambou et des feuilles de Pandanus, Coquillages).

L'exploitation

Mode de faire valoir :

Indivision	Propriété	Location	Exploitation sans contrat
63,6 %	19,0 %	11,1 %	6,3 %

L'indivision est le mode de faire valoir le plus largement répandu, le co-indivisaire résidant pouvant exploiter une parcelle avec l'accord des autres co-indivisaires non exploitants.

Le choix pour l'agriculteur des parcelles à exploiter ne se fait pas en fonction de critères agronomiques mais en fonction de l'existence de terres sur lesquelles il est co-indivisaire, ce qui explique la mise en culture de sols souvent impropres (sables blancs, sols ferrallitiques dégradés...).

23 pour cent des agriculteurs ne cultivent que de la Pomme de Terre.

10 pour cent cultivent Pomme de Terre et Carotte

La majorité associent produits maraîchers (Pommes de terre, Carottes, Choux, Tomates...) et produits vivriers (Taro, Manioc, Patate douce, Banane).

La majeure partie des exploitations n'est pas mécanisée (92,7 pour cent) : de ce fait ils ont recours aux services "Travaux lourds" de la SDAP, hautement subventionnés (70 pour cent) et leur évitant d'avoir à supporter les investissements en matériel.

- 3,1 pour cent des agriculteurs possèdent un motoculteur, utilisé en fait pour les autres cultures que la Pomme de Terre.

- 3,9 pour cent des planteurs possèdent un tracteur qu'ils louent éventuellement aux autres.

- 16,9 pour cent des agriculteurs n'ont aucun moyen de transport

- et 33,1 pour cent des agriculteurs n'ont qu'un 2 roues (vélo, vespa) ce qui fait que la moitié des planteurs doivent avoir recours à un Service extérieur (Service de l'Economie Rurale, Coopérative) pour obtenir le moyen de transporter des produits divers et équipements nécessaires à l'exploitation, ainsi que les productions récoltées

- 22,6 pour cent d'entre eux possèdent un véhicule 4 x 4

- 42,7 pour cent des planteurs possèdent un pulvérisateur à dos et 15,3 pour cent un pulvérisateur à moteur, mais la plupart ne les utilisent pas sur la Pomme de Terre, préfèrent utiliser ceux de la Coopérative.

- 11,2 pour cent des planteurs ont un équipement d'irrigation mais un seul d'entre eux l'utilise sur Pomme de Terre.

- 73 pour cent des agriculteurs possèdent un petit cheptel (porcins, caprins) destiné à la consommation (16 pour cent d'entre eux pratiquent également la vente) et seuls 7 pour cent font de l'élevage en vue de la commercialisation (bovins).

- 78 pour cent des planteurs pratiquent la pêche à des fins d'autoconsommation 22 pour cent d'entre eux commercialisent localement leurs excédents.

La production de Pomme de Terre est presque entièrement commercialisée par la SDAP (87 pour cent). 8 pour cent est commercialisé localement (particuliers, écoles). 3 pour cent directement sur Tahiti, et 2 pour cent autoconsommé.

Conclusion

L'agriculture à Tubuai est pratiquement au sein d'une exploitation qui conserve toutes ses caractéristiques traditionnelles : activité vivrière principale, autour de laquelle sont développées des cultures de vente subventionnées (Pomme de Terre) ou non (légumes, café...), peu de mécanisation, activité du ménage multiple (pêche, artisanat ou activité salariée).

Le niveau malgré tout modeste des revenus dégagés ne permet pas de financer une intensification éventuelle, l'importance des mesures d'aide mises en place par les Pouvoirs Publics ayant de ce point de vue une incidence négative : l'agriculteur n'est pas incité à investir personnellement dans la mesure où les services qui pourraient lui être nécessaires lui sont proposés à des conditions très avantageuses.

Analyse des facteurs du rendement

Les enquêtes systématiques effectuées à raison d'une visite hebdomadaire par exploitation de Mai à Décembre 1985, ont permis de recueillir les observations suivantes sur 151 exploitations (pour 124 planteurs).

Rendements

L'échelle des rendements observés peut être présentée comme suit :

Rendements (T/ha)	Parcelles		Superficie		Production	Rendements moyens (T/ha)	Superficie moyenne des parcelles récoltées (m ²)
	Nbre	% du total	Surface en ha	% du total			
> 20 T/ha	34	22,5 %	6,315	15,3 %	185,791 T	29,421 T/ha	1 857 m ²
15<R<20	43	28,5 -	12,312	29,9 -	219,703 -	17,845 -	2 869 -
10<R<15	40	31,8 -	15,792	38,2 -	197,753 -	12,523 -	3 290 -
10<	25	16,6 -	6,769	16,4 -	60,948 -	9,005 -	2 708 -

A noter le niveau moyen relativement élevé des rendements observés lors de la campagne : rendements supérieurs à 15 T/ha sur 50 % des parcelles, rendements moyens de 29 T/ha enregistrés sur 22,5 % des parcelles (15,3 % des superficies).

A noter également la dimension moyenne relativement modeste des parcelles cultivées (2 à 3 000 m²).

Influence de la nature du sol

Répartition des sols

Type de sol	Sols colluviaux	Sols sableux humifères	Sols sableux coralliens	Sols ferrallitiques
Nombre de planteurs	43	24	43	49
Superficie des parcelles (ha)	10,058 ha (24,4 %)	6,558 ha (15,1 %)	13,513 ha (31,2 %)	13,199 ha (30,5 %)
Production brute (T)	196,811 T	105,934 T	184,748 T	159,628 T
Rendements moyens (T/ha)	<u>19,569 T/ha</u>	<u>16,154 T/ha</u>	<u>13,672 T/ha</u>	<u>12,094 T/ha</u>
Rendements pour 1 T de semence	6,7/1	5,1/1	4,6/1	4,8/1

Sols et saisons de plantation

1 = fin avril à fin juin

2 = début juillet à mi-août

	Sols colluviaux		Sables humifères		Sables Coralliens		Sols ferrallitiques	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Nombre de parcelles	29	14	13	11	30	13	35	14
Superficie ha	6, 660	3,398	3,294	3,264	10,327	3,186	10,118	3,081
Production T	116,821	79,990	46,799	59,135	126,510	58,238	119,926	39,702
Rendements moyens T/ha	<u>23,543</u>	17,541	<u>18,120</u>	14,206	<u>18,279</u>	12,251	<u>12,888</u>	11,853

Les meilleurs rendements sont observés sur sols colluviaux (19,6 T/ha) et à la limite sur sables humifères (16,2 T/ha).

Sables coralliens et sols ferrallitiques, représentent les situations les moins favorables (13,7 et 12,1 T/ha).

Influence de la saison de plantation

	Superficie (ha)	Production (T)	Rendements moyens (T/ha)
Semis de mai à Juin	15,6 ha	314,8 T	20,2 T/ha
Semis de Juillet à Août	30,1 -	425,0 -	14,1 -

Les rendements ont été nettement plus élevés sur les parcelles semées en mai-juin que sur celles plantées plus tard.

Cette observation doit toutefois être tempérée par le fait que le taux de parcelles cultivées sur sols favorables n'est pas le même dans l'un et l'autre de ces 2 cas.

Saison de plantation	Taux de sols favorables en % (colluvions et sables humifères)
Mai - Juin	51,5 %
Juillet - Août	32,7 %

Activité professionnelle des planteurs

Moyenne générale

Part de l'agriculture	Nombre	Surface (ha)	Production (T)	Rendements moyens (T/ha)
Activité principale	84	32,088 ha	533,886 T	16,638 T/ha
Activité d'appoint (salariés)	55	13,612 -	205,914 -	15,127 -

Si l'on ne considère que les parcelles sur sols colluviaux (afin d'éliminer les autres facteurs du rendement) ce phénomène est encore plus net :

	Superficie concernée (ha)	Production correspondante	Nombre de parcelles	Rendements moyens (T/ha)
Agriculture=activité principale	6,879 ha	159,228 T	25	23,149 T/ha
Agriculture=activité d'appoint	3,124 -	50,011 -	13	16,012 -

Cette observation est valable quelle que soit la saison de plantation considérée :

	Rendements moyens (T/ha)	
	Agriculteurs	Autres activités
Semis de Mai à Juin	20,959 T/ha	18,473 T/ha
Semis de Juillet à Août	14,474 -	13,250 -

Facteurs du rendement en sols colluviaux

L'incidence sur le rendement de 2 pratiques culturales importantes a été étudiée sur les parcelles cultivées en sols colluviaux, ceci afin d'éliminer l'effet important de la nature du sol.

Effets des traitements phytosanitaires

Nombre de traitements	Superficie concernée (ha)	Production correspondante (T)	Rendements moyens (T/ha)
0 à 1 traitement	0,93 ha	10,915 T	11,737 T/ha
2 traitements	2,477 -	41,222 -	16,642 -
3 traitements et plus	5,199 -	107,668 -	20,709 -

Il apparaît que la réalisation d'une bonne couverture phytosanitaire de la culture (plus de 3 traitements) soit le gage de l'obtention de rendements élevés (20,7 T/ha contre 11,7 T/ha pour une culture à 0 ou 1 traitement).

Les parcelles non traitées sont en effet fortement infestées de pucerons et d'attaques d'alternariose notamment.

Effet du fractionnement des semences

Dans un souci d'économie, les planteurs ont pris l'habitude de fractionner systématiquement leurs semences, pratique délicate d'autant que ce fractionnement semble excessif : l'analyse des productions observées à partir de semences plus ou moins fractionnées permet de mettre en évidence l'effet négatif d'un fractionnement excessif (13,1 T/ha pour semences fractionnées en plus de 4 contre 19,8 T/ha pour tubercules fractionnées au plus en 2).

Autres facteurs du rendementDensités de semis

La répartition des rendements observés en fonction des densités de semis à la plantation peut être présentée comme suit :

Densités (T/ha de semences)	Moins de 1 T/ha	Entre 1,5 et 2 T/ha	Entre 2,5 et 3 T/ha	Entre 3 et 4 T/ha	Plus de 4 T/ha
Rendements moyens (T/ha)	6,6 T/ha	11,7 T/ha	13,5 T/ha	17,2 T/ha	18,8 T/ha

Durée de la culture

Durée moyenne (jours)	Superficie concernée (ha)	Production correspondante (T)	Rendements moyens-T/ha
Moins de 70 jours	2,065 ha	20,396 T	9,877 T/ha
Plus de 90 jours	17,742 -	278,554 -	15,701 -

Effet positif de la durée de la culture sur la productivité.

Nombre d'année successives de culture sur la même parcelle

Nature du sol	Rendements moyens (T/ha) sur parcelles cultivées depuis		
	1 an	3 ans	5 ans
Sols Colluvial	18,550 T/ha	11,492 T/ha	21,570 T/ha
Sols sableux	13,194 -	23,198 -	14,189 -

Les observations effectuées ne semblent pas mettre en évidence de différence significative, tout au plus une diminution sensible du rendement sur parcelles cultivées depuis 5 années consécutives sur sols colluviaux par rapport à elles cultivées depuis 3 ans.

Conclusions

L'analyse des observations effectuées sur toutes les parcelles de Pomme de Terre cultivées à Tubuai en 1984 permet de définir comme suit les facteurs majeurs du rendement.

Effet de la nature des sols : intérêt de choisir les meilleurs sols.

Saison de plantation : supériorité des plantations précoces (mai-juin)

Place de l'activité agricole dans l'exploitation : les meilleurs rendements sont observés chez les agriculteurs "vrais"

Fractionnement des semences : Intérêt de ne pas fractionner, ou de se limiter à 2 fractions seulement.

Nombre de traitements phytosanitaires en cours de culture : Intérêt d'une bonne protection phytosanitaire tout au long de la culture.

Durée de la culture : Intérêt de veiller à maintenir la culture le plus longtemps possible en végétation.

CONCLUSION

Ce travail d'enquête réalisé en 1984 sur plus de 150 parcelles cultivées en Pommes de Terre sur l'île de Tubuai, a permis outre une connaissance plus précise du fonctionnement des exploitations et des motivations des agriculteurs, de confirmer et mettre en évidence l'incidence d'un certain nombre de facteurs sur la productivité d'une culture de Pomme de Terre : ainsi, nature du sol de la parcelle cultivée, fractionnement des semences, couverture phytosanitaire, de la culture, densité et dates de plantation, disponibilité du planteur, ont conditionné fortement les rendements observés en 1984.

Par ailleurs, ce travail d'enquête se traduisant par un suivi régulier et rigoureux de toutes les parcelles cultivées d'une part, et impliquant un recyclage technique des agents chargés de la vulgarisation, a permis d'enregistrer une amélioration sensible des résultats de la campagne 1984 : augmentation globale de la production sur l'archipel des

Australes (plus de 1000 T contre 674 T en 1983) et nette amélioration des rendements (16,2 T/ha contre 9,6 T/ha).

Néanmoins, c'est principalement sur les résultats de la campagne 1985 que devraient se faire sentir les effets positifs de ce travail d'enquête : grâce à la connaissance plus précise des facteurs des rendements, meilleure définition des thèmes de vulgarisation, préparation de documents techniques mieux adaptés et formation plus solide des agents d'encadrement, et définition d'une stratégie d'intervention plus efficace grâce à la connaissance plus affinée des exploitations et des motivations des planteurs.

CAUSES D'ECHEC DE LA PRODUCTION DE POMME DE TERRE EN CONDITIONS DE PLAINE TROPICALE

C.M. MESSIAEN * ; D. DEMBELE ** et A. BEYRIES ***

* Station de Pathologie végétale - INRA - Guadeloupe - B. P. 1232 -
97184 POINTE-A-PITRE CEDEX

** Stagiaire malier - Station d'Amélioration des Plantes INRA -
Guadeloupe - 1982-1983

*** Station de Pathologie végétale - INRA - Montpellier - France

RESUME

Une production de pommes de terre à partir de tubercules de semences importés de France (ex. la variété "Sirtema") est possible en Guadeloupe à des altitudes comprises entre 500 et 700 mètres, en Côte sous le Vent. Les résultats prometteurs obtenus, d'après les rapports de l'AVRDC (Taiwan) en matière de sélection de la Pomme de terre pour l'adaptation aux plaines tropicales nous ont amenés à introduire en Guadeloupe un certain nombre de clones proposés par cet institut. Certains d'entre eux (comme "1282-19") se montrent, en particulier quand on les greffe sur tomate, très bons producteurs de graines, ce qui nous a permis de mettre en comparaison, comme mode de reproduction de la Pomme de terre, la reproduction végétative et la reproduction par graines (semis en pépinière ou sur table en serre, obtention de tubercules de la taille d'un oeuf de pigeon servant de plant pour une culture). Il n'a cependant pas été donné suite à ce projet, du fait de difficultés phytosanitaires. La tolérance au flétrissement bactérien des clones de l'AVRDC est insuffisante, même dans le cas de "1282-19", présenté comme résistant. De plus nous avons observé de très graves attaques d'acariose déformante (*Polyphagotarsonemus latus*), qui sur feuillage de Pomme de terre provoque à la fois distorsion et nécrose. Par contre, le clone "T", issu des hybridations (*S. tuberosum* x *S. phureja*) de SEQUEIRA et ROWES se comporte de façon satisfaisante, mais ses tubercules sont petits et violacés.

SUMMARY

In Guadeloupe a white potato production is possible with seed tubers imported from France (e.g. "Sirtema") but only at elevations between 1 500 and 2 000 feet in the leeward part of the Basse-Terre

Island. Promising results obtained by AVRDC (Taiwan) in breeding white potato clones for adaptation to tropical lowlands induced us to introduce in Guadeloupe a number of clones from this Institute. Moreover, some of them, like "1282-19" are good seed-producers, especially when grafted on tomato rootstocks. We could, therefore, compare for white potato, classical vegetative reproduction and reproduction by seeds, sown in seed beds or on green house tablets, with production of pigeonegg sized tubers which may be used as seed-tubers for plantation. This project was, however, not followed, owing to phytosanitary difficulties. Tolerance to bacterial wilt (*Pseudomonas solanacearum*) of AVRDC clones is not high enough in Guadeloupe, even for 1282-19, presented as resistant. The distorting mite *Polyphagotarsonemus latus* is still more noxious on potato leaves than on other *Solanaceous* plants, it induces a combination of shoestring-form leaf deformations and necrosis. On the contrary we still have in collection the "T3" clone, issued from the first *tuberosum* x *phureja* hybridations made by SEQUEIRA and ROWES, which behaves relatively well, but its tubers are small and purple.

La culture de la Pomme de terre à basse altitude en Guadeloupe et Martinique a rarement été un succès, en utilisant des variétés européennes. Au contraire, à 500-600 m d'altitude à Matouba (Guadeloupe) l'introduction de tubercules de semences de variétés précoces, comme "Sirtema" donne des plantes qui se comportent assez bien jusqu'à la récolte, avec des taux de multiplication de 5 à 8 (BACHOU - communication personnelle).

Nous avons remarqué les résultats indiqués par l'AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center) dans ses rapports 1976, 77, 78, concernant l'obtention de nouveaux clones de pomme de terre, capables de réussir en conditions de plaine tropicale.

Un certain nombre de clones nous ont été envoyés de l'AVRDC à Montpellier (France) par R. OPENA.

Nous les y avons multipliés sous serre avant de les introduire en Guadeloupe. Toujours à Montpellier nous avons pu observer le comportement de ces clones, greffés sur tomate. Certains d'entre eux produisent des tubercules aériens (ex. 75.0.827.102, 75.0.8212.103), d'autres (comme 1282.17, 12821282.19, 25803.20) produisent des fleurs en abondance, puis des fruits bien pourvus en graines.

Pour expérimenter en Guadeloupe, nous avons pu par conséquent utiliser les clones d'origine, mais aussi les graines obtenues sur les clones AVRDC 1282.17, 1282.19 et 25803.20. Le but de ces expériences était de comparer en conditions tropicales différentes méthodes de propagation de *Solanum tuberosum* :

- 1- Tubercules de semences des clones d'origine
- 2- Boutures des clones d'origine.
- 3- Multiplication in vitro des clones d'origine.
- 4- Tubercules de semence (de la taille d'un oeuf de pigeon) obtenus à partir de graines.
- 5- Usage direct des graines.

Les méthodes 1 et 4 semblent les mieux adaptées aux conditions agricoles locales. Les boutures (aseptiques ou non) ou les semis de graines ne peuvent pas être utilisés directement pour une production commerciale.

Par contre la production de petits tubercules de semences peut être facilement réalisée à partir de graines en repiquant les plantules soit sur tablettes de serre et substrat stérilisé, soit sur pépinière désinfectée superficiellement. Les plantes provenant de semis sont cependant moins homogènes, en particulier pour la précocité, que celles des clones d'origine.

Toutefois ce travail n'a pas été suivi d'application pratique, à cause de problèmes phytosanitaires :

1°) Flétrissement bactérien (*Pseudomonas solanacearum*)

Même le clone 1282-19, considéré par l'AVRDC comme résistant au flétrissement bactérien périclit à 40-60 pour cent dans les sols acides de Guadeloupe, avec une contamination interne fréquente de l'anneau vasculaire des tubercules produits par les plantes survivantes.

La même situation a été observée pour les plantes provenant de graines de 1282.19.

On peut remarquer que le clone "T3", que nous avons reçu en 1972 de SEQUEIRA et ROWE, provenant d'un croisement *S. tuberosum* x *S. phureja* semble être beaucoup plus résistant en Guadeloupe que les clones AVRDC.

Mais il produit de très petits tubercules violets, et se comporte comme mâle et femelle-stérile, quoique capable de fleurir assez facilement.

2°) *Sclerotium rolfsii*

Même ce clone T³ est beaucoup plus gravement attaqué par *S. rolfsii* que des espèces considérées comme sensibles (Aubergine, Tomate, Haricot).

3°) Acariose déformante

Polyphagotarsonemus latus (BANKS) est connu aux Antilles sur un certain nombre d'hôtes : Citron vert (production de "citrons gris"), Aubergine (liège à la partie apicale du fruit), Poivron (feuilles laciniées), Tomate (déformations foliaires). Les pommes de terre (aussi bien *Sirtema* que les clones AVRDC ou "T³") constituent sans doute l'hôte le plus sensible à cet acarien, qui induit sur les feuilles à la fois distorsion (fig. 1), brunissement et nécrose. Malheureusement le parasite n'est pas facile à combattre, en particulier sur cet hôte extrêmement sensible.

L'AVRDC a interrompu son programme "Pommes de terre pour les plaines tropicales". Nous espérons que le CIP aura plus de succès sur ce même objectif. Nous espérons aussi que nos observations sur les trois problèmes phytosanitaires majeurs de la Pomme de Terre aux Antilles seront utiles aux sélectionneurs engagés dans cette entreprise difficile.

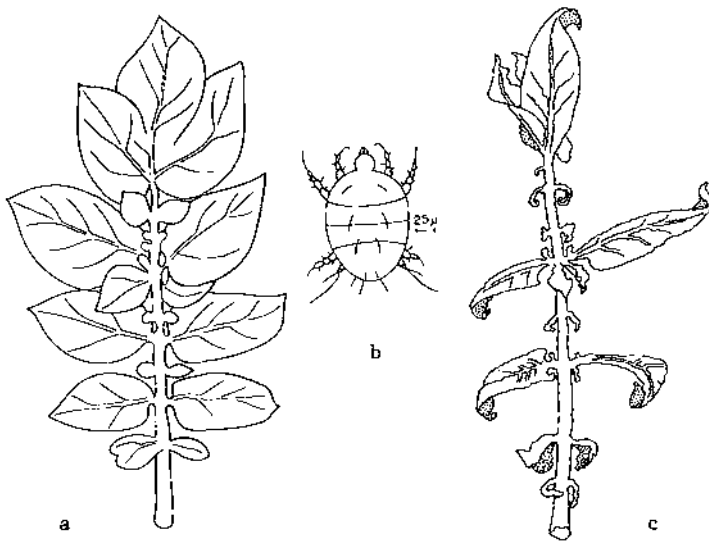


Fig.1 : a) Feuille de pomme de terre saine

b) Feuille déformée par l'Acariose

c) Schéma de l'Acarien : *Polyphagotarsonemus latus*.

INTERCROPPING POTATO (SOLANUM SPP.) WITH MAIZE IN WARM CLIMATES

D.J. MIDMORE

International Potato Center (CIP)
APDO 5969, LIMA PERU

*(La culture associée Pomme-De-Terre (Solanum spp) et
Maïs en climat chaud)*

SUMMARY

High soil temperature late in the crop season can lead to reductions in tuber yield ; therefore a series of experiments were run in which maize and potato were simultaneously planted at three warm sites (20/30°C average night/day temperatures) in Peru. The adjacent maize crop (ranging from 10-25 per cent of normal population) provided sparse shade in the season, which resulted in reduced soil temperatures. Yield of the intercropped potato (75-90 per cent of normal population) did not generally differ significantly from that the sole crop. However, maize grain yields were proportionately greater than expected from their respective planting densities, hence land equivalent ratios exceeded unity. Percent dry matter in tubers was improved in the intercrop whereas insect damage to tubers and foliage was diminished. The results are discussed in view of the increased light use efficiency by potato when grown adjacent to maize.

RESUME

Les fortes températures à la fin de la culture peuvent conduire à des réductions de récolte de pommes de terre. On a donc conduit une série d'expériences dans lesquelles Maïs et Pommes de terre étaient plantés ensemble dans trois situations chaudes du Pérou (températures nuit-jour 20° - 30° en moyenne). Les plants de Maïs, répartis à raison de 10 à 25 pour cent de la densité normale fournissaient une ombre légère en fin de saison, avec pour conséquence une réduction de la température du sol. Les rendements des Pommes de terre, plantées à 75 à 90 pour cent de la densité normale n'ont pas en général différé significativement de ceux obtenus en culture homogène, et les rendements en Maïs ont été supérieurs à ce qu'on aurait pu attendre en fonction des densités, donc le rendement proportionnel en culture associée a

dépassé l'unité. La teneur en matière sèche des tubercules a été augmentée en culture associée et les dégâts d'insectes sur tubercules et sur feuillages diminués. Les résultats sont interprétés en termes d'efficacité accrue de l'utilisation de la lumière par la Pomme de terre cultivée au voisinage du maïs.

INTRODUCTION

High temperature represents a serious limitation to the extension of potato production, traditionally in temperate climates, to warmer areas where consumer demand for potato is great (VANDER ZAAG and HORTON, 1983). Efforts are underway at the International Potato Center (CIP) to identify practical modifications of the micro-environment in the warm tropics that would favour potato production.

One way of cooling the micro-environment is to capitalize on the shade of associate crops represents. Previous studies by MIDMORE et al. (1983) have reported on the use of maize or coconut as the source of shade. With maize, a relay cropping system was tested in which potato was planted into a senescing maize crop the latter at commercial density and intercepting up to 80 per cent of incident light. When potato was planted beneath coconut palms, 15 per cent of incident light was intercepted by the palms and 85 per cent reached the potato. With both cropping systems, improvement of potato emergence and establishment in shaded plots was attributed to reduced soil temperatures and conservation of soil moisture.

High soil temperature late in the potato crop is also detrimental to tuber yield, particularly when haulms lodge and expose the soil to incoming radiation. Reduction in soil temperature during the latter part of bulking in warm environments, by means of soil reflectants, leads to yield improvements of up to 50 per cent (MIDMORE, 1984). Attempts to reduce soil temperature during bulking by a single application of mulch at planting have been largely unsuccessful, since the reflective and insulatory characters of mulches, important for soil cooling, degenerate as the season progresses (MIDMORE et al., 1985). As an alternative, the potato can be planted at the same time with a companion crop, which intercepts radiation excessive to the needs of the potato crop and, simultaneously reduces soil and air temperature favouring the potato.

There are few published studies on shading and intercropping of the potato. A study done in Kenya at 1 800 m, reports that the yields (on a per plant basis) of potato planted three weeks after maize (FISHER, 1977) ranged from 25 per cent to 75 per cent of the yields of the sole potato crop. The reduction in potato yield was not, however, compensated by equivalent increases in maize yield, hence the land equivalent ratios (LER) did not exceed one. Artificial shade

(34 per cent of full sunlight) applied throughout the season in a high-radiation environment also reduced potato yield, by 25-40 per cent (Sale 1973). Separate shading, however, at the same intensity either prior to or after late tuber initiation resulted in yields intermediate to those of the plots that were shaded or unshaded throughout the cropping cycle (SALE, 1976). Shade can be beneficial for the potato crop by reducing soil and air temperatures in warm climates, but if excessive it will cause reduced potato yields that may not be compensated by equivalent increases in the yields of a companion crop. Careful consideration should therefore be given to the relative densities of the component crops in a mixture to achieve a balance of competitive effects between such crops when planted together. This was one of the objectives of the series of experiments reported herein. Light interception and soil temperature data assisted in interpreting the influence of intercropping on component crop yields.

Reduction of insect pest damage an additional benefit of intercropping has been documented for mixed crops (LITSINGER & MOODY, 1976), and specifically for crop associations that include the potato (RAYMUNDO and ALCAZAR, 1984). Stability through diversity has been cited as one of the major incentives for the perpetuation of intercropping by subsistence farmers lacking capital for investments in chemical pest control (LITSINGER & MOODY, 1976). A second objective of the present study was to quantify the possible benefits of various maize-potato mixtures on reducing pest damage, particularly to the potato.

MATERIALS AND METHODS

Five experiments were set up in Peru, two at Lima (LIM, planted 30-1-85--Expts 1 and 2), one at San Ramon (SR, planted 8-5-84--Expt 3), and two at Yurimaguas (YUR, planted 14-6-84 and 21-6-84--Expts 4 and 5, respectively). Representative weather and site data are presented in Table 1. The potato was planted in pure stands and mixtures; the clone DTO-33 in Expt 1, the clone LT-1 in Expts 2 and 3, and the variety Desirée in Expts 4 and 5. The double hybrid maize PM 701 was planted at LIM and SR, and the local maize cultivar Planta Amarilla Baja at YUR, again in pure stands and mixtures. Plot size for both sole (pure stands) and mixed stands in all but Expt 4 was 5 m x 3.5 m with spacing between rows at 0.7 m and within rows spacing at 0.3 m. Plots of 7.7 m x 5 m with the same between- and within- row spacing, were employed in Expt 4.

Fertilizer was applied at the rate of 80:160:160:50 kg of N, P_2O_5 , K_2O , and Mg_2O per hectare at planting; and additional 80 kg of N was applied to the potato at hilling. Two t/ha of lime was applied to the soil before planting Expt 4 to raise the soil pH from 4.3 to 5.5. At SR and YUR no chemical crop protection was practiced; however, at Lima,

Table 1. Meteorological and environmental data for three CIP Stations within Peru

Site :	Lima-La Molina	San Ramon	Yurimaguas
Latitude :	12°05'S	11°08'S	5°41'S
Altitude :	240 m	800 m	180 m
Growing season :	Jan-Mar	May-Aug	May-Aug
Air max (°C)	29.3	28.5	30.4
Air min (°C)	20.3	16.1	20.6
Evaporation (total mm)	600.5	550.8	247.7
Rainfall (total mm)	1.4	545.3	633.8
Radiation (daily MJ/m ²)	19.14	17.32	14.01

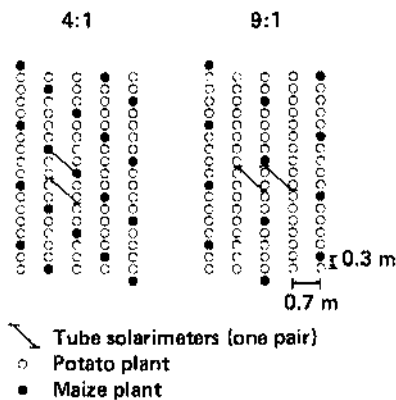


Fig. 1. Distribution of potato and maize plants, and tube solarimeters (one at top and one at base of potato canopy in each pair) in 4:1 and 9:1 mixtures.

Lannate (Methomyl) and Morestan (Quinomethionate) were applied once at the commercial rates to control serious outbreaks of *Phthorimaea operculella*, and *Polyphagotarsonemus latus*, respectively.

Mixtures of potato-maize in Expts 1, 3 and 5 were at a proportion of 9 : 1 (42,800 and 4,800 plants/ha, as illustrated in Fig. 1) within randomized complete block designs replicated 3, 5, and 4 times. In Expt 2, mixtures of potato-maize were at proportions of 9:1 and 4:1 (Fig. 1) replicated 3 times. For Expt 4, plant arrangement of 9:1 mixtures was as in Figure 1 ; 4:1 mixtures, however, comprised four rows of potato to one of maize--all treatments were replicated four times.

Early in the season, the crop cover of all plots was measured weekly at four positions within each plot by using the grid method as described by BURSTALL and HARRIS (1983) ; later, as the maize grew taller than the potato, the potato cover was measured only by this methods. Tube solarimeters (Delta-T, Cambridge, UK) were positioned within plots with maize as indicated in Figure 1 and light interception by maize was calculated against a control tube placed in the open. A pyranometer (LICOR Inc.) at the meteorological station at each site provided daily values for total incident light energy. During the latter part of tuber bulking in Expts 1 and 2, soil temperature, 7 cm depth within the plot ridge, was recorded hourly throughout 24 h periods with a thermistor recorder (Grant Instruments, Cambridge, UK). Foliar insect damage of the potato crop was visually quantified throughout Expts 1, 2 and 4 and at harvest damage to tubers and maize ears was recorded.

Bordered areas within the central 2 two rows of each plot were harvested at crop maturity. Tubers were sorted according to those greater or smaller than 3.5 cm, weighed, and counted. A tuber sample from each plot was dried at 70°C to a constant weight for per cent dry matter determinations. At maize harvest stems and ears were counted, the ears weighed and samples of grain from 5 to 10 ears were dried to a constant weight. The yields and yields components of mixed and sole crops were analysed using an analysis of variance. Land equivalent ratios, i.e., the relative land area under sole crops required to produce the yields achieved in intercropping, were computed as outlined by WILLEY (1979).

RESULTS

Crop Cover, Light Interception, and Soil Temperature

Data collected from Expts 1 and 2 illustrate the progenies over time for crop cover of sole and mixed crops (Fig. 2). The rate of achievement of maximum cover was greater for potato than maize ; however, the potato crop cover, once

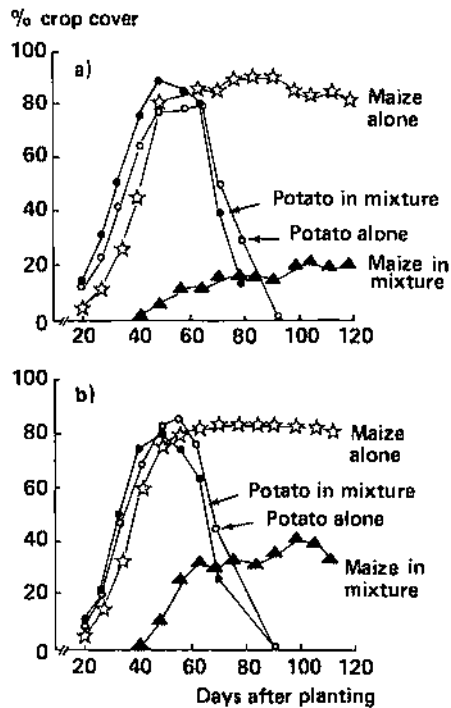


Fig 2. Crop cover for sole and mixed crops, a) 9:1 mixture in Expt 1; b) 4:1 mixture in Expt 2.

it reached a peak, soon declined whereas both sole and mixed maize maintained their maximum cover almost until maturity. Crop cover of the potato component in the mixtures was similar to that of sole plots-potato adjacent to maize effectively occupied all available space. Light interception by maize in mixtures was not evident until 45 days after planting. After this time, maize planted in the 9:1 mixture (10 per cent of normal population) intercepted between 10-20 per cent of incoming light, whereas maize planted in the 4:1 mixture (20 per cent of normal population) intercepted between 30-40 per cent (Fig. 2). In the other three experiments, maize at 10 per cent of normal population intercepted up to 25 per cent of incoming light.

Once the potato cover started to senesce, approximately 60 days after planting (Fig. 2) soil cooling during the day by maize in mixtures became effective. Maize shade reduced daytime soil temperatures by up to 5°C compared to soil temperature of non-shaded potato plots (Fig. 3). Little further reduction in soil temperature was effected in the sole maize plots (intercepting 85 per cent of incoming light).

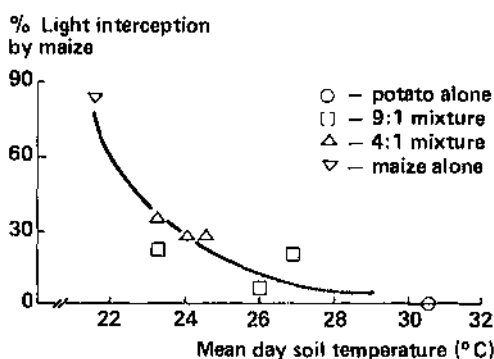


Fig. 3. Mean day soil temperature (7 cm depth) as a function of light interception by maize 70 days after planting of Expt 2.

Insect Damage

Less foliage and tuber damage to the potato was observed in mixed than sole potato plots (Table 2). At LIM (Expt 1), the number of potato tuber moth larvae (*P. operculella*)

and their mining damage to leaves, particularly to tubers, was less in potato mixed with maize. Mixtures of 9:1 or 4:1 were equally effective in reducing foliar damage due to *P. operculella* in Expt 2 (27.3 vs. 25.1 larvae per 10 plants, respectively). Feeding damage due to *Colaspis cholorotis* Erickson in Expt 4 at YUR was also reduced in mixed plots, the beneficial effect was more evident when maize was systematically positioned throughout the plot rather than alternating it with every four rows of potato.

Table 2. Influence of mixed cropping with maize on incident of pest damage of potato, Expts 1 and 4.

Treatment	Expt 1		Expt 4		
	No. larvae per 10 plants ¹	% tubers damaged ¹	% damage, leaves per plant ²	No. feeding holes per 25 leaflets ²	% tubers damaged
Potato alone	38.4	34.0	43.35	73.25	23.01
Potato : maize (9:1)	25.4	9.9	38.11	55.50	15.78
Potato : maize (4 rows : 1 row)	-	-	40.30	38.75	19.34
SED ³	4.2	2.3	2.69	10.47	2.30

¹ *Phthorimae operculella*

² *Colaspis chloritis* Erikson

³ SED - Standard error of the different between two means

Table 3. Tuber and grain yields and their components in Expts 1 and 2, Lima

Treatment	Total fresh tuber yield (g/m ²)	Wt./plant (g)	% commercial size tubers (> 3.5 cm)	% dry matter in tubers	Maize grain (g/m ²)	Maize stems (per m ²)	Ears (per m ²)	Grain weight (g/ear)
<u>Expt. 1</u>								
Potato alone	1498	365	68.9	16.15	-	-	-	-
Potato : maize	1612	454	72.5	16.06	123	1.08	1.37	93
Maize alone	-	-	-	-	490	8.70	6.16	77
SED	ns ¹	ns	ns	ns	97	2.16	1.28	6
<u>Expt. 2</u>								
Potato alone	2435	543	87.3	16.01	-	-	-	-
Potato maize (9:1)	1777	433	81.8	18.01	148	1.47	2.01	66
Potato : maize (4:1)	1252	359	81.2	17.43	313	2.44	3.25	97
Maize alone	-	-	-	-	590	9.74	7.31	78
SED	265	42	ns	ns	90	0.42	0.51	ns

¹ ns = non-significant

Insect damage of maize ears attributed to *Exista* sp. and *Spodoptera* sp. was similar in mixed and sole plots.

Potato and Maize Yields and Components

In general, tuber yields from mixed plots did not differ significantly from those of sole potato plots, and on some occasions (Expts 1 and 5) yields exceeded those of sole potato plots (Table 3 and 5). In Expt 2, potato yields at both 9:1 and 4:1 were significantly less than those of sole potato. Yields on a per plant basis followed the tendency of yields expressed on a per unit area of land; some differences, however, between initial and final potato plant populations influenced, in varying degrees, the yield differences between treatments. For example, in Expts 2 and 5, the final population of sole potato plots was 9 per cent less than the population planted, compared to 1 per cent reduction in potato plant population of 9:1 mixed plots.

The proportion by weight of tubers greater than 3.5 cm diameter did not differ significantly between mixed or sole plots of potato. Similarly, tuber number per plant did not differ between mixed and sole plots (data not presented), but there was a tendency for percent matter of tubers to be greater in mixed than sole plots.

Maize yield in mixed plots, except for Expt 3, was significantly less than of maize alone. Grain yield in mixed plots however was proportionately greater than that expected, based on the relative populations planted in mixed and sole plots. When planted at 10 per cent of normal population, maize produced from 20 per cent (Expts 4 and 5) to 47 per cent (Expt 3) of sole crop yield, and when planted at 20 per cent of normal population, maize yielded from 36 per cent (Expt 4) to 53 per cent (Expt 2) of sole maize. Although maize stem population per unit area correlated well with the maize population planted, heavier grain weight per ear and more ears per stem were responsible for the proportionately greater maize grain yields in mixed plots.

The relative importance of either heavier grain weight per ear or improved survival of ears at low maize planting populations varied across sites; the contribution of heavier grain weights per ear were greater at SR (Table 4), that of improved survival of ears at LIM (Table 3), and both components of equal importance at YUR (Table 5).

DISCUSSION

Intercropping maize with potato, planted simultaneously, effected reductions in soil temperature later in the potato season and reduced insect pest damage, to both potato foliage and tubers.

Table 4. Tuber grain yields, and their components in Expt 3, San Ramon

Treatment	Total fresh tuber yield (g/m ²)	Wt/plant (g)	% commercial size tubers (> 3.5 cm)	% dry matter in tubers	Maize grain (g/m ²)	Maize stem (per m ²)	Ears (per m ²)	Grain weight
Potato alone	2271	518	91.5	15.73	-	-	-	-
Potato : maize (9:1)	1957	468	87.1	17.01	203	0.73	1.40	148
Maize alone	-	-	-	-	426	10.20	7.31	57
SED	ns	ns	ns	ns	ns	3.02	0.94	20

Table 5. Tuber and grain yields, and their components in Expts 4 and 5, Yurimaguas

Treatment	Total fresh tuber yield (g/m ²)	Wt/plant (g)	% commercial size tubers (> 3.5 cm)	% dry matter in tubers	Maize grain (g/m ²)	Ears (per m ²)	Grain weight (g/ear)
<u>Expt. 4</u>							
Potato alone	299	67	0 ¹	- ²	-	-	-
Potato : maize (9:1)	222	67	0	-	46	0.47	94
Potato : maize (4:1) ³	169	57	0	-	80	0.72	112
Maize alone	-	-	-	-	221	2.66	88
SED	ns	ns	-	-	18	0.33	ns
<u>Expt. 5</u>							
Potato alone	329	85	52.6	12.88	-	-	-
Potato : maize (9:1)	429	109	61.7	13.10	64	0.69	94
Maize alone	-	-	-	-	296	3.80	76
SED	ns	ns	ns	ns	70	0.38	ns

¹ All tubers 3.5 cm² No data collected³ Four rows of potato to one row of maize

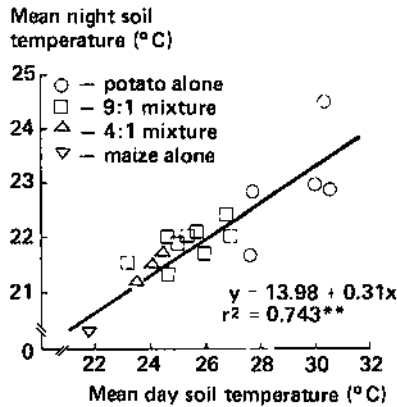


Fig. 4. Relationship between mean day (08.00 - 18.00 h) and night (18.00 - 08.00 h) soil temperatures at 7 cm depth as modified by shade treatments in Expt 2 on two successive days.

Cool shaded plots during the day were also the coolest at night, since loss of soil heat at night through back-radiation was not impeded by the maize crop, neither in mixed nor sole plots. This contrasts with the use of mulch as a soil coolant; mulch although reducing daytime soil temperature often leads to a greater maintenance of heat at night through reduced loss of sensible heat (MIDMORE, et al., 1985). Maintenance of a cooler soil environment in mixed rather than sole plots during the night may have contributed to the slight but consistent improvement in tuber percent dry matter, perhaps as a result of lower rates of tuber respiration (BURTON, 1966).

Shade provided by maize in mixed plots was negligible until 50 days after planting, by which time tuber initiation was complete; consequently, tuber number per plant was unaffected by crop mixtures. Seventy days after planting, shade was greater than predicted on the basis of proportion of total planted population; incoming radiation in 9:1 and 4:1 mixtures was 15 per cent and 30 per cent less than that of sole potato plots due to shade by the associated maize. Potato, with a crop cover of 40 per cent at that time (Fig. 2), therefore intercepted 35 per cent or 28 per cent of total incoming light energy in 9:1 or 4:1 mixtures, respectively, compared to 40 per cent of total light energy late in the season was apparently dependent upon the interaction between site and clone. Presentation of results expressed on the basis of LER's (Fig. 5) assists in the interpretation of the interaction. At LIM, shade of the 9:1 mixture increased yield of DT0-33 in Expt 1 and reduced that of LT-1 in Expt 2, the latter even more so at the 4:1 mixture (Tables 3 and 4). The

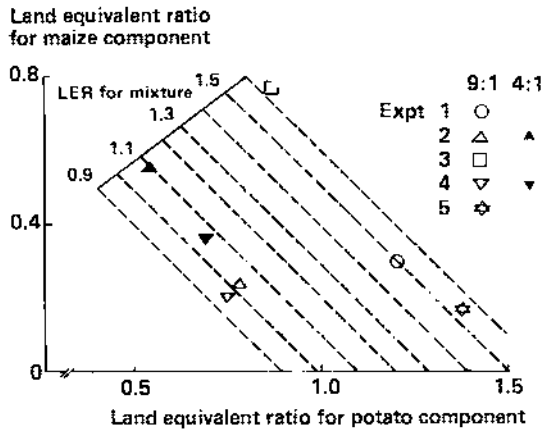


Fig. 5. Land equivalent ratios for maize, potato and the mixtures,

clone DTO-33 has been shown to close its stomates during the afternoon and is reasonably insensitive to reductions in light energy up to 25 per cent (Sattlemacher, unpublished)--a possible explanation for its good performance when mixed with maize. Grain yields of maize at LIM were proportionately greater than expected on a planted population basis due in part to proportionately more light interception (Fig. 2) and improved harvest index (Table 3). The response of the clone LT-1 to shade at SR (Expt 3) was similar to the response at LIM, its yield being slightly less than expected from the planted population. In contrast, however, grain yield of mixed maize at SR was greatly favoured for reasons similar to those at LIM, resulting in a mixture LER of 1.64. At YUR, individual plant yields of the variety Desirée in 9:1 or 4:1 mixtures of Expt 4 were not markedly less than those of sole plots (Tables 5) and maize yields in mixtures were only marginally greater than predicted on the basis of planted population. Nevertheless, in Expt 5 potato yields per unit area were greater in mixed than sole plots, due to improved survival of plants to *Pseudomonas solanacearum* within the mixed plots. Autrique (unpublished) has observed a similar reduction in the spread of *P. solanacearum* in potato crop when intercropped with maize.

Computation of LER's, although useful for interpreting yields on a quantitative basis, has little bearing on the qualitative aspects of mixed cropping. For example, in Expts 1 and 4, the tuber damage due to insects was significantly decreased, enhancing the value of the harvested tubers from mixed plots.

The amount of light energy intercepted by potato up to maturity was greater by sole potato than by potato in mixed plots, e.g., in Expt 2, 628.9, 555.2 and 471.1 MJ/m², for sole potato, 9:1, and 4:1 mixtures, respectively. With

the inclusion of the light energy intercepted by maize up to potato maturity, the values for 9:1 and 4:1 mixtures became 652.8 and 714/MJm² representing a more efficient interception than by the sole potato crop. An analysis of light use efficiency by potato foliage and conversion to tuber dry matter suggested a nonsignificant advantage of mixed potato in Expt 1 (0.69 g tuber/MJ vs. 0.42 g tuber/MJ for sole potato) and Expt 3 (1.02 g vs. 0.89 g tuber/MJ), but no apparent difference existed between mixed and sole potato plots in Expt 2. Light energy receipts in the tropics are normally non-limiting for photosynthesis even under 34 per cent shade (SALE, 1976). It is therefore conceivable that sparse shade provided by maize at different periods during the day, as in the present experiments, may permit a more efficient use of light energy by the potato mixed plants. Soil cooling and the probable reduction of tuber respiration may also contribute to the apparent greater light use efficiency.

Following potato harvest, maize remained standing for a further 20 to 30 days prior to its harvest. Strictly, LER's should be calculated on a unit area per unit time basis when the two crops are not harvested simultaneously and the crop that remains is of lesser importance. During the period between potato and maize harvest, however, the soil was shaded (Fig. 2), providing a suitable cool environment (Fig. 3) for the establishment of a further crop of potato (MIDMORE, et al. 1983) or other temperate crops (VILLAREAL and LAI, 1981). In addition, the maintenance of some cover over the soil between successive crops reduces erosion (GREENLAND, 1975) and weeds (LITSINGER and MOODY, 1976).

Given the promising results from the present experiments, further studies should concentrate on quantifying potato genotype response to maize shade and potatoes. Clones currently available for study were originally developed for monocropping, but if increasing emphasis is to be placed on the role of intercropping potato in warm climates, the question of whether to select clones under such conditions should be addressed.

In summary, mixing potato and maize in warm tropical environments has certain benefits for both crops. At a 9:1 ratio, apart from suffering less insect damage, potato yields were not significantly less and on a number of occasions they were greater than sole crop yields. The conversion efficiency of light to tuber dry matter by the potato in crop mixtures was equal to or greater than that of sole potato. Light excessive to the needs of the potato was used to advantage by the maize in crop mixtures, maize intercepted more light and yielded more grain than predicted on the basis of the population planted. At a 4:1 ratio, maize competed with potato for light energy and mixture land equivalent ratios barely exceeded unity.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to ingenieros JORGE ROCA, DONALD BERRIOS, PEDRO RUIZ, and JORGE ALCAZAR for assistance with collection of field data.

REFERENCES

- BURSTALL L. and HARRIS P.M. (1983).- The estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. *J. agric. Sci. Camb.* 100, 241-244.
- BURTON W.G. (1966).- The potato. 2nd Ed. Holland, Veenman and Zonen. 382 pp.
- FISHER N.M. (1977).- Studies in mixed cropping. I. Seasonal differences in relative productivity of crop mixtures and pure stands in the Kenya highlands. *Expl. Agric.* 13, 177-184.
- GREENLAND D.J. (1975). Bringing the green revolution to the shifting cultivator. *Science* 190, 841-844.
- LITSINGER J.A. and MOODY K. (1976).- Integrated pest management in multiplied cropping systems, in : Multiple Cropping. ASA Special Publication N° 27. Madison, U.S.A. 293-316.
- MIDMORE D.J. ; ACCATINO P. and BERRIOS D. (1983).- Potato production under shade in hot climates. in : Potato for the Year 2000, Proc. Int. Conf. Ed. W. J. Hooker, Feb. 1982, CIP, Lima, Peru. 130-131.
- MIDMORE D.J. (1984).- Potato (*Solanum* spp.) in the hot tropics I. Soil temperature effects on emergence, plant development and yield. *Field Crops Res.* 8, 255-271.
- MIDMORE D.J. ; BERRIOS D. and ROCA J. (1985). Potato (*Solanum* spp.) in the hot tropics II. Soil temperature and moisture modification by mulch in contrasting environments. Submitted.
- RAYMUNDO S.A. and ALCAZAR J. (1984).- Control of potato tuber-moth (*Phthorimaea operculella*) through crop association, in : 6th Symp. Int. Soc. Trop. Root & Crops, Lima, 1983. CIP, Lima, Peru. 517-521.
- SALE P.J.M. (1973).- Productivity of vegetable crops in a region of high solar input. I. Growth and development of the potato (*Solanum tuberosum* L.). *Aust. J. agri. Res.* 24, 733-749.

- SALE P.J.M. (1976). Effect of shade at different times on the growth and yield of potato. Aust. J. agric. Res. 27, 557-566.
- VANDER ZAAG, D.E. and HORTON D. (1983). Potato Production and utilization in world perspectives with special reference to the tropics and sub-tropics, in : Potato for the Year 2000, Proc. Int. Conf. Ed. W. J. Hooker, Feb. 1982, CIP Lima, Peru. 44-58.
- VILLAREAL R.L. and LAI S.H. (1981).- Cultivar response of tomatoes to relay cropping. Hort. Sci. 16, 552-553.
- WILLEY R.W. (1979).- Intercropping--its importance and research needs. Part I. Competition and yield advantages. Field Crops. Abstr. 31, 1-10.

DETERMINATION OF OPTIMUM PLOT SIZE AND ADEQUATE NUMBER OF REPLICATIONS TO EVALUATE POTATO SEEDLING POPULATIONS

*(Détermination de la dimension optimale des parcelles et du nombre des
répétitions pour évaluer les populations de plantules de Pomme de Terre)*

R.L. VALLEJO and H.A. MENDOZA

Associate Geneticist and Head, Breeding & Genetics Department
International Potato Center
P.O. Box 5969
LIMA, PERU

SUMMARY

The optimum experimental plot size and the adequate number of replications are of foremost importance in agricultural research. Research in this area is still more important for evaluation of potato seedling populations since there is no available information. A uniformity trial was installed and analyzed as a split plot design utilizing an open pollinated progeny of the clone DTO-33. Experimental plot sizes of 1, 5, 15, 30, 90, and 180 units were considered. Each unit was formed by seedlings. The analysis showed that the optimum plot size was between 5 and 15 units or 20 and 60 seedlings. An intermediate number of 40 plants per plot was considered optimum. The adequate number of replication was determined as 4

RESUME

Il n'y a toujours pas d'information disponible en ce domaine. Un essai d'homogénéité en split-plot a été réalisé avec la descendance en pollinisation ouverte du clone DTO-33. L'analyse établit que la dimension optimale de la parcelle se situe entre 5 et 15 unités ou 20 à 60 plantules ; le nombre intermédiaire de 40 est retenu. Le nombre adéquat de répétition s'établit à 4.

INTRODUCTION

The determination of the optimum plot size and adequate number of replications are aspects of primary importance in agriculture research. Optimizing these factors reduce the magnitude of the experimental error increasing

the dependability of the results obtained from experiments. The use of true potato seed as means of producing either ware or seed tubers or both, required a knowledge on these experimental factors which were determined as a function of the variability of the experimental materials and the costs of the experiment.

MATERIALS AND METHODS

The experimental work was carried out at the International Potato Center (CIP) experiment station at San Ramon in Peru. This station is located at the Chanchamayo Valley at 800 m.a.s.l. and 11°08' of South latitude. The annual precipitation is 1800 mm. and mean temperature of 24°C.

For this experiment a seedling population obtained from open pollinated seed from CIP's hybrid DTO-33 was utilized. This progeny has a good adaptation to grow in warm environments and represents a good sample of CIP's populations adapted to these zones.

A uniformity trial was installed in a field with 24 rows spaced .9 m and having each 72 m of length. Seedling were transplanted at a spacing of 4 m.

At harvest time each row was divided in sections of 1.6 m to evaluate the yield per basic unit. Each basic unit represented an area of 1.44 m² (1.6 x .9 m) containing four plants. In this way 45 sections per row were obtained. Then, the total number of basic units in the field was 1080 (45 x 24 rows).

For the statistical analysis the uniformity trial was divided following a criteria of hierarchical classification with six divisions to simulate an arrangement in split plots. These six main divisions were taken as replications. Each rep had two blocks and each block had three plots. Each plot was divided in two subplots which were also divided each in three sub-subplots and finally each sub-subplot was divided in five sub-sub-subplots.

The scheme of the analysis of variance and the plot number n_j for each source of variation are presented in Table 1.

To determine the optimum plot size four methods were compared : maximum curvature, comparison of variances, SMITH, HATHEWAY, and WILLIAMS.

The first method uses the coefficients of variability for each plot size. The second method uses the estimates of variances of average yield per basic unit for the different plot sizes. The two last methods utilize variances and costs.

Table 1. Analysis of variance for the uniformity trial following a hierarchical classification with six subdivisions

Source of Variation	df		MS	n _j	x _j
Replication	(f=6)	(f-1)	V ₁	6	180
Block/Reps	(e=2)	f(e-1)	V ₂	12	90
Plots/Blocks	(d=3)	ef(d-1)	V ₃	36	30
Sub-plots/Plots	(c=2)	def(c-1)	V ₄	72	15
Sub-subplots/Sub plots	(b=3)	cdef(b-1)	V ₅	216	5
Sub-sub-subplots/Sub-subplots	(a=5)	bcdef(a-1)	V ₆	108	1

The determination of the adequate number of replications was made by following the methods of KEMPTHORNE and also HATHEWAY. The first considers variances in costs, the second method estimates the number of replications independently from cost.

The analysis of variance of the experiment including the coefficient of variation and variance estimates for average yields per basic unit of x_j units for the various plot sizes (V_x) are presented.

Table 2. Coefficient of variation and variance estimates for various plot sizes.

Source of Variation					
Replications	5	180	1.09	0.034186	
Blocks/Replications	6	90	0.56	0.033524	
Plots/Blocks	24	30	1.75	0.041669	
Sub-plots/Plots	36	15	2.30	0.047467	
Sub-subplots/Sub-plots	144	5	6.41	0.068821	
Sub-sub-subplots/sub-subplots	864	1	25.34	0.149816	

In Table 2 one can see that both the coefficient of variation as well as variances increased as the plot size decreases. A test for homogeneity of variances indicated that there were significant differences. However, when the test was carried out without considering the variance for sub-sub-subplot/sub-subplot the test was non significant, indicating that for the plot sizes $x = 5, 15, 30, 90, 180$ the variances were similar. Also, the coefficient of variation for a plot size of 1 and 5 units was considerably higher than for the rest of sizes.

In Table 3, the comparison of optimum plot sizes for the four methods utilized are presented.

Table 3. Optimum plot sizes obtained with the four methods compared

Method	Factor of Analysis	N° of Basic Units	N° of Plants	Area (m ²)
Smith	Variance & costs	5.7439	22.975	8.271
Hatheway & Williams	Variance & costs	4.7669	19.060	6.864
Maximum curvature	Coef. of variability	10	40	14.4
Comparison of variances	Variance of basic unit	10	40	14.4

For the method of comparison of variance the optimum plot size is from 5 to 15 basic units (20 to 60 plants per plot). It has been considered an intermediate number, 10 units, because it is always expected to lose a certain number of plants after the transplanting and during vegetation. So, the extra number we are allowing is to compensate for these losses.

Finally, by utilizing the methods of KEMPTHORNE and HATHEWAY and on the bases of utilizing 10 basic unit plots (40 plants) the adequate number of replications was four.

POURQUOI LA CHRISTOPHINE (SECHIAM EDULE SWARTZ)
NE TUBERISE PAS AUX ANTILLES

Why Christophine [Sechium Edule Swartz] does not tuberize in Antilles

C. ZINSOU
C. MESTRES
G. VANSUYT
P. PERRON *

Laboratoire de Physiologie et Biochimie Végétales,
INRA des Antilles-Guyane, Domaine Duclos, 97170 PETIT BOURG

*Laboratoire de Photophysologie et Chimie Biologique

INA Paris-Grignon 78850 THIVERVAL-GRIGNON

RESUME

La Christophine (*Sechium edule Swartz*), plante tubéri-
fère ne produit que des fruits aux Antilles alors que, dans
son aire d'origine (Mexique), elle fournit en plus des
tubercules comestibles appelés "Chinchayotes". Les travaux
menés sur le déterminisme de la floraison et de la fructi-
fication chez cette plante montrent que les conditions
thermophotopériodiques régnant tout au long de l'année dans
ces régions privilégient la floraison et maintiennent l'état
reproducteur, une fois acquis, pendant toute la vie de la
plante. Une longueur moyenne de jour supérieure à 14 h semble
nécessaire pour obtenir l'inhibition de la floraison et
pour promouvoir la tubérisation chez les plantes ayant fleuri
au moins une fois. Les tubercules formés en jours longs
ont été analysés et leur composition glucidique a été
comparée à celle des fruits à maturité.

SUMMARY

Christophine (*Sechium edule Swartz*), a tuberiferous
cucurbit, produces only fruits in Antilles whereas, in its native area,
it gives also eatable tubers, named "Chinchayotes". Works carried
out on the flowering determinism reveal that thermophotoperiodic
conditions encountered all year long in the region favours flowering
and maintain the reproductive state, when acquired, during all the
plant life. An average daylength higher than 14 hours seems necessary
to induce flowering inhibition and to promote tuberization in plants,
having flowered at least once. Tubers formed under long days are
analyzed and sugar composition is compared to that of mature fruits.

I INTRODUCTION

La Christophine ou Chayote appelée encore mirliton dans les pays anglais, est une cucurbitacée originaire du Mexique et de l'Amérique centrale. Elle appartient à la tribu des Sicyoïdées, caractérisées par des fruits à une seule graine de grande taille (VARGHESE, 1972; MESSIAEN, 1975). Elle se conduit comme une plante pérenne et se distingue des autres cucurbitacées par son aptitude à produire des fruits avec des rendements pouvant atteindre 100 tonnes par hectare et par an, mais aussi des tubercules comestibles appelés "Chinchayotes" (BLOIS, 1927).

La présence de fruits et de tubercules sur la même plante au cours de son cycle végétatif n'est possible que lorsque les mêmes conditions climatiques favorisent à la fois la floraison-fructification et la tubérisation ou lorsque les conditions favorables à la floraison alternent avec celles qui permettent la tubérisation. Cette alternance est rarement rencontrée dans les régions tropicales ou subtropicales qui constituent l'aire d'extension préférentielle de cette plante. Les régions de jours courts semblent privilégier toute l'année la production de fruits (KNOTT, 1971). Cependant les conditions favorables à la tubérisation se réalisent lorsque les effets de photopériode des régions tropicales sont tempérés par les effets d'altitude comme au Mexique et à la Réunion (CERIGHELLI, 1955), en Asie du Sud-Est (HERKLOTZ, 1972, JANA et MUKERJEE, 1977) ; ou associés à ceux de la sécheresse dans les régions sèches où elle impose un arrêt végétatif comme en HAÏTI (MESSIAEN, 1981 - communication personnelle).

Les tubercules de Christophines, au nombre de 6 à 10 par plante et pouvant atteindre plusieurs kilogrammes, ne sont pas connus aux petites Antilles, ce qui conduit à formuler deux hypothèses :

- Les plantes de Christophine de cette région ont perdu leur aptitude à la tubérisation.

- Les plantes ont gardé cette aptitude mais seule l'expression de la floraison-fructification est possible dans les conditions climatiques rencontrées de la région. BOIS (1927) rapporte que les tubercules sont inconnus dans les régions où la végétation n'a pas d'arrêt. Les deux facteurs principaux susceptibles de contrôler efficacement les deux processus, floraison et tubérisation sont la photopériode et la thermopériode.

L'objectif de ce travail a été de déterminer les relations entre la floraison et les effets du climat et d'en déduire comment la tubérisation est inhibée par voie de conséquence.

II - MATERIEL ET METHODES

1. MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est la Christophine (*Sechium edule* Swartz) à chair blanche, sans épines, obtenue par une sélection locale. Ses fruits sont semés à différentes époques de l'année en vue de couvrir les différentes conditions climatiques à l'extérieur. Les plantes sont tuteurées et irriguées de manière à ce que l'eau ne soit pas facteur limitant. Pour étudier le rythme d'émergence des feuilles et repérer facilement leur ordre d'apparition, les plantes ont été conduites sur la tige principale, l'ablation des bourgeons végétatifs donnant des tiges secondaires et d'autres feuilles étant opérée au fur et à mesure de leur formation. L'ablation des bourgeons axillaires ne modifie ni la durée de la phase juvénile ni la date d'apparition des premiers bourgeons floraux.

2. METHODES

21. Formulation des phénomènes de photothermo-périodisme en conditions naturelles

Chaque expérimentation concerne au moins 20 plantes sur lesquelles on détermine la date d'apparition des premières ébauches florales, lorsqu'elles apparaissent sur 75 pour cent des plantes. A partir du nombre de jours séparant la date de semis de l'apparition des premières ébauches florales, on calcule la somme des températures minimales nocturnes ΣT_m et la durée du jour moyenne $\bar{H}$ grâce aux données météorologiques fournies par la station de Bioclimatologie I.N.R.A. des Antilles et de la Guyane. Les données obtenues sont ajustées à une fonction homographique $\Sigma T_m = A + \frac{B}{H_c - \bar{H}}$ inspirée de la formulation des phénomènes apparents de photothermopériodisme en conditions naturelles adaptées aux plantes tropicales par FRANQUIN (1975). Dans le modèle proposé H_c caractérise le cultivar d'une espèce donnée et est la photopériode critique au-dessus de laquelle toute floraison est impossible. A rend compte de la phase juvénile et B peut être assimilé à la durée du plastochrone considéré comme l'unité de développement.

22. Détermination de la durée de la phase juvénile

Dans le cycle de la Christophine qui débute à la germination du fruit nous pouvons distinguer : la phase juvénile, la phase transitoire, préparatoire à la floraison, puis la floraison-fructification.

La sommation des photopériodes journalières en vue

de l'établissement de la moyenne sur la totalité du cycle depuis la germination prend en compte les photopériodes non inductives et/ou non efficaces de la phase juvénile. Ceci entraîne des valeurs sous ou surestimées des photopériodes critiques ou de la somme des températures, d'où l'idée de chercher à déterminer exactement la durée de la phase juvénile.

Elle a été réalisée grâce à l'étude du rythme d'émergence des feuilles inspirées des travaux de CABANNE (1980). Le nombre de plantes utilisées est toujours supérieur à 30. Il s'agit de compter tous les 2 jours, à partir de la base, le nombre de feuilles présentes sur chaque tige. La feuille est prise en considération lorsque sa taille (limbe + pétiole) atteint 2 cm. Les données sont recueillies jusqu'à l'apparition des fleurs. Lorsque la plante est conduite sur une seule tige, par l'ablation régulière des bourgeons axillaires les données sont ajustées à deux droites de pente b1 et b2 qui se coupent en un point D dont l'abscisse détermine le moment de changement de phase, c'est à dire la fin de la phase juvénile. Lorsque la plante se développe avec toutes ses tiges secondaires on constate que l'échantillon devient de plus en plus dispersé au fur et à mesure que les plantes croissent. Les données recueillies sont alors divisées en deux groupes dont on fait varier la taille. Les données des deux groupes sont ajustées à deux droites de pente b1 et b2 sur lesquelles on réalise le test de parallélisme. La courbe de t observé en fonction de l'âge de la plante passe par un maximum qui détermine le moment de changement de phase.

23. Détermination de la composition glucidique et minérale du fruit et du tubercule

Les fruits ou tubercules pelés et séchés à l'étuve pendant 48 h sont broyés et tamisés de manière à avoir des particules de taille inférieure à 0,4 mm. Les glucides solubles sont extraits suivant la méthode de CERNING-BEROARD (1975) ; l'amidon selon THIVEND et al., (1965). Le dosage du glucose, fructose et du saccharose après hydrolyse et de l'amidon hydrolysé enzymatiquement en glucose a été effectué suivant les méthodes de dosage enzymatique BOEHRINGER (BERGMAYER, 1979).

L'azote est dosée par la méthode de KJELDAHL. Les cations sont dosés, après calcination à 48°C et reprise des cendres en milieu chlorhydrique, au photomètre d'absorption atomique couplé à l'autoanalyseur Technicon. Le phosphore est dosé sous forme de complexe phosphovanado-molybdique à 420 nm.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

1. ETUDE DE L'ENTREE EN FLORAISON EN FONCTION DES DATES DE SEMIS

Le tableau I rapporte les données recueillies sur l'entrées en floraison de la christophine au cours des différents semis échelonnés, effectués pendant plusieurs années. On en déduit les observations suivantes :

- Le temps séparant le semis du fruit germé de l'apparition des ébauches florales varie en fonction des dates de semis, entre 46 jours pour les semis de novembre et 94 jours pour les semis de mai. Il augmente donc lorsque s'allonge la durée moyenne du jour calculée sur la totalité du cycle s'achevant à l'apparition des ébauches florales, passant de 11,13 heures à 12,81 heures. La somme des températures minimales nocturnes suit la même variation que la durée du jour moyenne. La valeur la plus élevée est obtenue sur les semis du mois de mai dont les plantes ne montrent les premiers bourgeons floraux qu'en août.

Les données calculées, ajustées à une fonction homographique donnent l'équation dont le graphe est représenté sur la figure 1.

$$ST_m = 990,7 + \frac{74,6}{12,88 - \bar{H}} \text{ avec } r^2 = 0,968$$

Il appelle les remarques suivantes :

- La somme des températures nocturnes minimales est une fonction croissante de la durée moyenne du jour.

- la durée moyenne du jour critique est égale à 12,88 heures. Elle détermine une asymptote verticale parallèle à l'axe des ordonnées. La durée moyenne du jour critique est celle en dessous de laquelle apparaissent les premières ébauches florales qui marquent la fin de la phase transitoire, préparatoire à la mise à fleurs. Lorsque la durée moyenne du jour calculée sur le cycle s'approche de 12,88 heures T_m devient infinie. La température minimale étant une grandeur finie, c'est alors le temps nécessaire pour arriver aux premiers bourgeons floraux qui devient infini.

Le terme 990,7 qui représente une somme de températures minimales assimilables à T_0 est en fait le temps minimal modulé par la température pour arriver à la fin de la phase transitoire.

La prise en compte des conditions photothermopériodiques régnant pendant la totalité du cycle, alors

TABLEAU 1. Données relatives aux semis échelonnés de la Christophine et ayant servi pour la formulation mathématique des phénomènes apparents de photothermopériodisme en conditions naturelles.

	1 9 7 8			1 9 7 9			1 9 8 0						1 9 8 1	
Date de semis	22/02	21/04	22/06	04/05	22/11	11/12	21/03	28/10	12/11	28/11	11/12	22/12	08/01	16/01
Date des lères fleurs	17/04	30/06	29/08	06/08	07/01	31/01	19/05	16/12	05/01	21/02	02/02	09/02	26/02	09/03
Semis-Floraison (jours)	54	70	68	94	46	51	59	48	54	53	50	49	48	52
Σ Tninima (°C)	1074	1527	1515	2132	952	1000	1223	1039	1117	1070	1080	983	973	1058
Durée du jour moyenne (H)	12,00	12,76	12,72	12,81	11,13	11,13	12,40	11,24	11,16	11,12	11,14	11,21	11,33	11,47

TABLEAU 2. Durée du jour moyenne mensuelle en Guadeloupe

M O I S	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
Durée du jour moyenne...	11,17	11,48	11,92	12,35	12,72	12,92	12,84	12,53	12,12	11,66	11,31	11,07

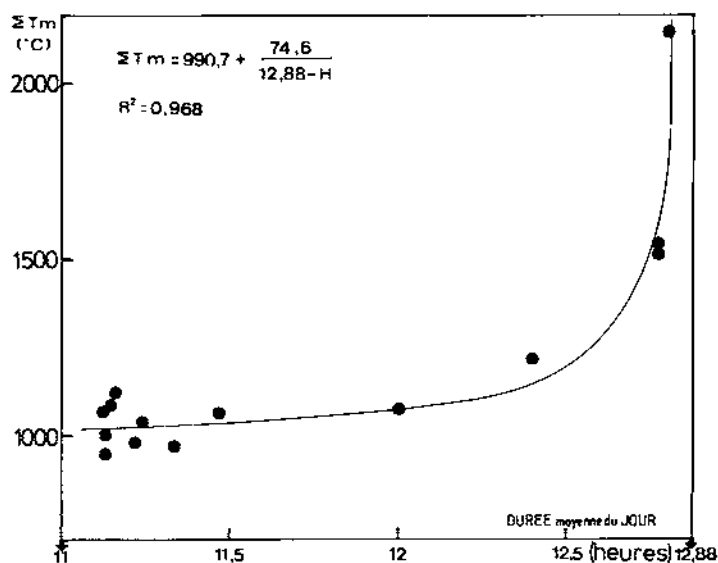


Fig. 1 : Relation entre la somme des températures minimales et la durée du jour moyenne qui régit l'entrée en floraison chez la christophine . Le cycle étudié débute à la germination du fruit et se termine à l'apparition des premières ébauches florales

que celles perçues par la plante pendant la phase juvénile sont non inductives et inefficaces sur le processus de la mise à fleurs, entraîne une surestimation de la somme des températures et par voie de conséquence une sous-estimation de la photopériode critique. Le comportement floral de la christophine confirme cette sous-estimation de la photopériode critique.

2. COMPOURTEMENT FLORAL DE LA CHRISTOPHINE SUR LA PERIODE D'UNE ANNEE

Une photopériode critique de l'ordre de 12,88 heures, très voisine de la durée moyenne du jour mensuelle la plus élevée observée en Guadeloupe (tableau 2) signifie que la christophine y fleurit sûrement en conditions naturelles et d'autant mieux que le jour va décroissant.

La christophine ayant une floraison continue de septembre à juin grâce à un renouvellement continu des lianes à partir d'une tige basale, l'effet des jours longs (juin, juillet et août) se traduit par un arrêt de ce renouvellement, un jaunissement des dernières lianes florifères, une réduction progressive et un arrêt de la floraison et de la fructification. L'émission de nouvelles tiges ne recommence qu'à partir de septembre. les mois de juin, juillet et août sont considérés comme une période de repos.

Lorsque, avant les premières manifestations des signes de sénescence de la partie aérienne, on provoque son renouvellement par une taille en mai, on note que les lianes formées dans ces conditions se maintiennent de juin à septembre sans jaunir avec production de quelques fleurs qui peuvent évoluer jusqu'à l'anthèse avec formation de fruits. On en déduit que l'absence de fruits de juillet à septembre est liée à la sénescence de la partie aérienne qui intervient normalement dans le cycle de la plante à cette période et non à l'inhibition de la floraison et de la fructification par les conditions thermophotopériodiques régnant de juin à août. La photopériode critique semble donc plus longue que celle déterminée dans la première formulation des phénomènes. Pour une estimation plus précise de la photopériode critique, une formulation mathématique s'appliquant uniquement à la phase transitoire est donc nécessaire. Pour cela il faut connaître la durée de la phase juvénile.

3. DUREE DE LA PHASE JUVENILE ET REFORMULATION DES PHENOMENES

Les données recueillies à partir de l'étude du rythme d'émergence des feuilles de christophine ont été ajustées aux droites de la figure 2. On observe que la rupture de pente indiquant un changement de phase se produit toujours entre le 32e et le 35e jour quelle que soit l'époque de semis, que la plante soit conduite ou non sur une seule tige. La durée de la phase juvénile est donc constante. Il est donc aisé de déterminer celle de la phase transitoire, s'étendant de la fin de la phase juvénile à l'apparition des premiers bourgeons floraux (Tableau 3). On en déduit aussi que seule la durée de la phase transitoire varie sous l'effet des conditions thermophotopériodiques.

La reformulation des phénomènes apparents de thermophotopériodisme à partir de T_m et H calculés sur cette phase conduit à la courbe de la fig. 3 dont l'équation est :

$$\Sigma T_m = 160,1 + \frac{423,4}{13,53 - H} \quad \text{avec } r^2 = 0,793$$

La photopériode critique estimée est de 13,53 heures, supérieure à celle obtenue lorsqu'elle est déterminée à partir des valeurs calculées sur la totalité du cycle et à la durée du jour moyenne mensuelle la plus élevée rencontrée en Guadeloupe.

Ces résultats permettent de conclure sur le plan physiologique :

- lorsque l'eau n'est pas facteur limitant, la plante issue de semis est capable de fleurir en Guadeloupe quelle que soit l'époque de semis. La floraison sera d'autant plus précoce, c'est à dire plus proche de la fin de la phase juvénile que la phase transitoire, préparatoire à la mise fleurs, se déroulera en jours courts ou décroissants.

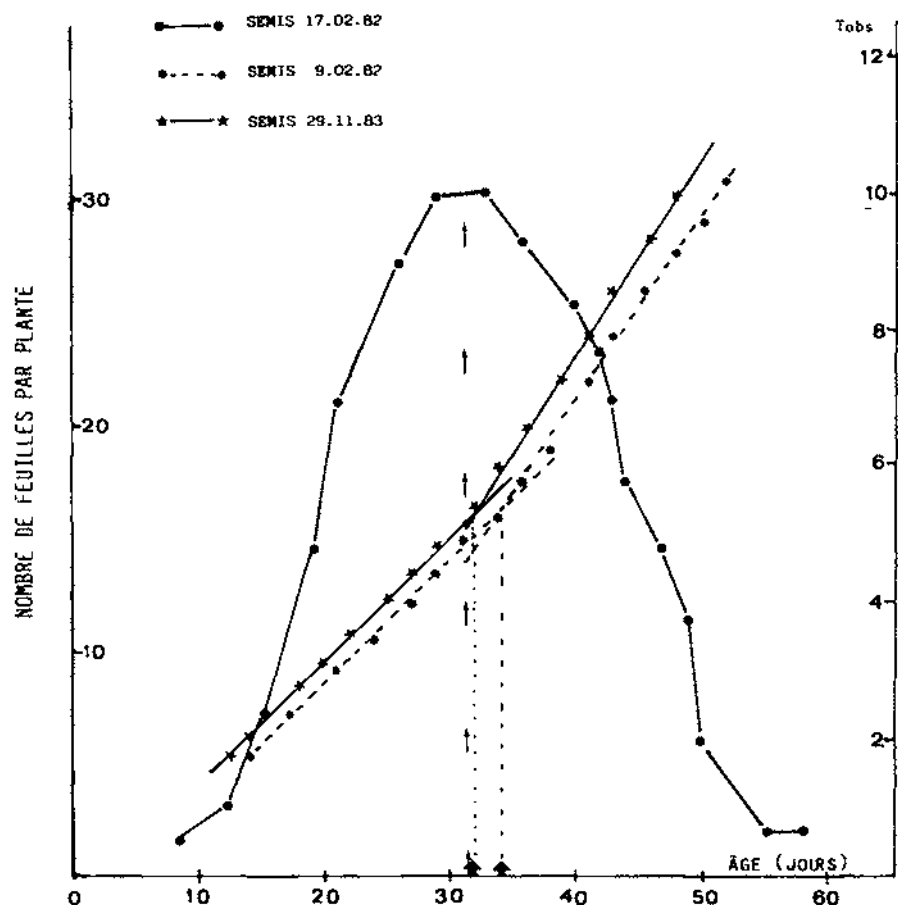


Fig.2 : Courbes du rythme d'émergence des feuilles au cours de la croissance de la christophine montrant la rupture de pente qui marque la fin de la phase juvénile

- la christophine ayant une floraison continue, elle fleurira et fructifiera d'autant plus abondamment que les jours seront courts.

- Dans les conditions thermo-photopériodiques de la Guadeloupe, l'état reproducteur, une fois acquis, peut être conservé pendant toute la vie de la plante; les variations des facteurs climatiques n'interviennent que pour moduler la qualité de l'état floral et sont insuffisantes dans leur amplitude pour permettre le retour à l'état végétatif.

- Pour la floraison et la fructification la christophine est une plante de jour court ou plus précisément de jour décroissant.

TABLEAU 3. Données relatives à la phase transitoire, préparatoire à la floraison et ayant servi pour la formulation mathématique des phénomènes apparents de photothermopériodisme en conditions naturelles.

	1978			1979		1980						1981		1982
Date semis	22/02	21/04	22/06	22/11	11/12	21/03	28/10	12/11	28/11	11/12	12/12	08/01	11/01	9/11
Durée - Phase transitoire	21	37	35	13	18	26	15	21	20	17	16	15	19	17
Durée du jour moyenne	12,28	12,89	12,57	11,13	11,17	12,63	11,07	11,09	11,48	11,21	11,36	11,48	11,70	11,17
ΣT_m	416	825	790	261	340	508	316	417	444	344	339	331	401	337

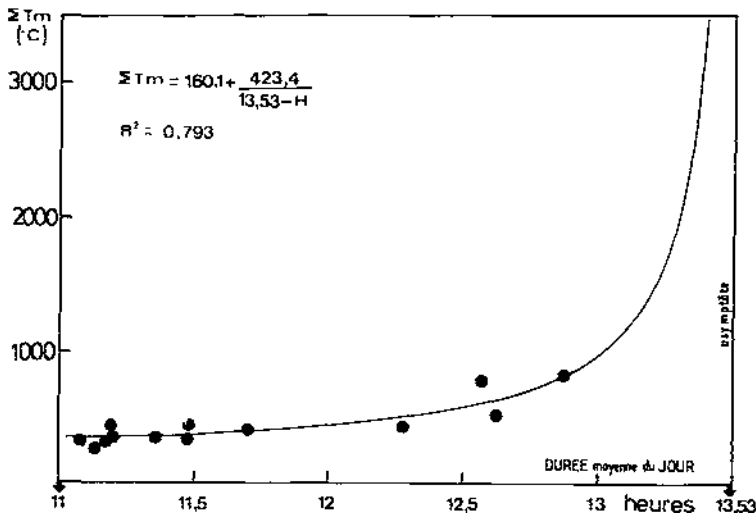


Fig.3 : Relation entre la somme des températures minimales et la durée du jour moyenne qui régit l'entrée en floraison dans la phase transitoire, préparatoire à la floraison . La fin de la phase juvénile et l'apparition des premières ébauches florales marquent respectivement le début et la fin de la phase transitoire

4. RELATION ENTRE FLORAISON ET TUBERISATION CHEZ

LA CHRISTOPHINE

Il est rapporté dans la littérature que la christophine ne tubérise habituellement qu'au bout de la 2e année à condition de rencontrer les conditions favorables à l'induction de la tubérisation. L'absence de tubercules semble indiquer que ces conditions se réalisent rarement en Guadeloupe. Comme elles ne sont pas encore clairement définies, nous avons essayé de comparer le comportement floral de la christophine en France à celui que nous connaissons en Guadeloupe. En effet, dans une région tempérée, la photopériode atteint 16 heures. Les observations faites en serre des stations de Physiopathologie de Dijon et de Photophysiology de Grignon peuvent être ainsi résumées:

- Les christophines semées en décembre ne forment les premières ébauches florales qu'en septembre. L'ensemble phase juvénile et phase transitoire a duré pratiquement 9 mois. Pendant ce temps nous assistons à une forte croissance et un développement considérable de la partie aérienne.

- la floraison se déroule d'octobre à février en serre. Les jours longs provoquent l'arrêt de la floraison et l'induction de la tubérisation. Les tubercules peuvent être récoltés 4 à 5 mois plus tard.

L'absence de tubercules dans nos régions peut donc s'expliquer par l'absence d'alternance de conditions de jours courts favorables à la floraison mais inhibiteurs de la tubérisation et de jours longs défavorables à la floraison mais promoteurs de la tubérisation. Dans ces conditions la physiologie de la plante privilégie le transfert des assimilats vers les fruits au détriment de la partie souterraine. Le jaunissement de la partie aérienne en juillet et août (période de repos) après une longue période de fructification en continu ne permet nullement la constitution de réserve dans les tubercules dont la formation est encore inhibée par les conditions thermophoto-périodiques régnant durant ces deux mois.

5. COMPOSITION GLUCIDIQUE ET MINERALE COMPAREE DU TUBERCULE DE CHRISTOPHINE

On sait peu de choses de la composition glucidique et minérale du tubercule de christophine. BOIS (1927) rapporte que c'est un féculent qui contient 10 à 15% d'amidon et environ 2,5% de matières azotées. L'analyse des deux organes de réserve effectuée dans notre laboratoire donne les résultats suivants (Tableau 4) :

- le tubercule est deux fois plus riche en matière sèche que le fruit ; 18,5% pour le tubercule et 9,4% pour le fruit.

- les deux organes contiennent comme sucres solubles principaux du glucose, du fructose et du saccharose. Ces trois sucres représentent respectivement 17,7% et 4,5% de la matière sèche de la pulpe du fruit et du tubercule.

- l'amidon représente 72,8% de la matière sèche du tubercule et 40,7% de la matière sèche de la pulpe du fruit. Avec une teneur aussi élevée en amidon, le tubercule de christophine se situe au même niveau que la pomme de terre et la patate douce dont les teneurs varient entre 65 et 85% pour la première et 69,3 et 72% pour la seconde (MERCIER, 1973).

- Au niveau de la composition minérale, on observe que le fruit est deux fois plus riche en azote que le tubercule soit respectivement 9,75% et 4,5% de protéines brutes. Les deux organes de réserve ont la même teneur en phosphore. En revanche le potassium, le calcium et le magnésium se trouvent dans le fruit en plus grande quantité que dans le tubercule.

TABLEAU 4 : Composition glucidique et minérale comparée du fruit mûre et du tubercule de christophine (% de la matière sèche).

	GLUCIDES					MATIERES MINERALES					
	MS % de MP	Glucose	Fructose	Saccharose	Amidon	N	Protéines brutes N X 6,25	P	K	Ca	Mg
Fruit.....	9,4	7,9	6,8	3,0	40,7	1,56	9,75	0,41	2,49	0,30	0,16
Tubercule..	18,5	1,4	2,2	0,9	72,8	0,72	4,5	0,43	0,54	0,07	0,06

IV - CONCLUSION

BOIS (1927) rapporte qu'il est très rare de rencontrer des tubercules sur la christophine dans les régions où la végétation n'a point d'arrêt. C'est le cas des Antilles à climat tropical humide mais le non-arrêt de la végétation, observé chez la christophine et qui la distingue des autres cucurbitacées, exprime surtout l'aptitude de cette plante à se comporter comme une plante pérenne grâce à un renouvellement continu de sa partie aérienne à partir d'une tige basale. Cette particularité n'explique pas totalement l'absence de la tubérisation dans nos régions. Cette dernière est due essentiellement aux variations des deux facteurs climatiques principaux (températures nocturnes et photopériode) qui, par leur faible amplitude, interdisent l'alternance de la phase reproductive et de la phase végétative dans le cycle de la christophine. La photopériode critique de la plante étant observée en Guadeloupe, seul le processus de la floraison-fructification est favorisé et entretenu pendant toute la vie de la christophine. Dans ces conditions le transfert des assimilats s'effectue essentiellement vers les organes aériens pour assurer à la fois le renouvellement continu de la partie aérienne et le développement des fruits au détriment des organes de réserve souterrains (tubercules) dont l'initiation est inhibée par les facteurs de l'environnement.

REFERENCES

- BOIS D., 1927. Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges; 1- Phanérogames légumières. Paul Lechevalier ed. pp. 220-224.
- BERGMAYER H.V., 1979. Principe de l'analyse enzymatique. Technique et documentation, Paris, 303 p.
- CABANNE F., 1977. Phénolamines associées à l'induction florale et à l'état reproducteur du *Nicotiana tabacum* var. Xanthi n.c. *Physiol. Vég.*, 15, 429-443.
- CERIGHELLI R., 1955. *Sechium edule*. In "Culture tropicales, t.1. Plantes vivrières". L. Baillière et fils éd., Paris. 431-432.
- CERNING-BEROARD J., 1975. The use of invertase for determination of sucrose. Application to cereals, cereal products and other plant materials. *Cereal chem.* 52, 431-438.
- FRANQUIN P., 1974. Formulation des phénomènes apparents de photothermopériodisme en conditions naturelles. Principes de base. *cah. ORSTOM, ser. biol.*, 23, 31-43.

- HERKLOTZ G.A.C., 1972. Chayote. In "Vegetables in South-East Asia". George ALLEN et UNWIN Ltd, LONDON, p. 339-342.
- JANA B. et MUKHERJEE A., 1977 chayote : Cheapest vegetable of Meghalaya . Ind. Hort. 29, p. 10 et 25.
- KNOTT J.-E., 1971. Tropical production of vegetable crops. Hort. Science, 6, 22-23.
- MERCIER C., 1973. Composition glucidique des végétaux utilisés en alimentation humaine : aspect quantitatif et qualitatif. Rev. Franc. Diétét., 66, 27-40.
- MESSIAEN C.-M., 1975. Christophine. In "Potager Tropical", t.2, PUF Paris, 292-293.
- MESSIAEN C.-M., 1981. Communication personnelle.
- VARGHESE B.-M., 1972. Cytology of *Sechium edule* SW. Current Science, 42, 30.

EFFETS DES PHYTOHORMONES SUR LA CROISSANCE
ET LE DEVELOPPEMENT DU DOLIQUE TUBERBUX (PACHYRHIZUS EROSUS)
EN CONDITIONS DE JOURS COURTS

*Effects of Phytohormones on growth and Development of Yam Bean
(Pachyrhizus Erosus Urban) under short days*

C. ZINSOU
A. VENTHOU-DUMAINE
G. VANSUYT

Laboratoire de Physiologie et Biochimie végétales.
I.N.R.A. des Antilles-Guyane, Domaine Duclos,
97170 PETIT BOURG, Guadeloupe F.W.I.

RESUME

Les effets de l'acide gibbérellique (GA_3) aux doses de 50 ppm et 200 ppm et du Chlorure de Chlorocholine (CCC) aux doses de 1000 et 5000 ppm ont été étudiés au champ sur la croissance, la tubérisation et la floraison de *Pachyrhizus erosus* Urban (Yam bean), légumineuse tropicale à graines et à tubercule. GA_3 favorise le développement de la partie aérienne, le grossissement du tubercule et inhibe la floraison et la fructification. Le CCC a peu d'effet sur la mise en place des organes aériens; il a un effet favorable sur la floraison et la fructification et inhibe le grossissement du tubercule. Les plantes traitées au GA_3 50 et au CCC 1000 présentent une accumulation de matière sèche totale par plante supérieure à celle obtenue avec les autres traitements. cependant l'analyse de la répartition de la matière sèche totale entre les organes aériens (feuilles et tiges) et les organes de réserve (gousses et tubercule) révèle que la part revenant à la partie aérienne est pratiquement constante. Les effets des facteurs de croissance sont alors discutés en termes de modification des relations entre la source et les deux puits, aérien et souterrain, du *Pachyrhizus*.

SUMMARY

Effects of gibberellic acid (GA_3) 50 and 200 ppm and Chlorocholine Chloride (CCC) 1000 and 5000 ppm were investigated in the field on growth, flowering and tuberization of yam bean, a grain and tuber tropical legume. GA_3 enhances the development of the aerial parts and tubers but inhibits flowering. CCC has little effect on the formation of the aerial parts but reduces tuber development. GA_3 50 plants and CCC 1000 plants present total dry matter accumulation per plant higher than that obtained with other treatments. However analysis of matter distribution reveals that the part, in percent, allocated to aerial parts (leaves and stems) and to storage organs (pods and tuber) is fairly constant. Effects of growth substances are

therefore discussed in terms of modification of relationships between the source and the two sinks, aerial and underground, of yam bean.

I - INTRODUCTION

Le potentiel de rendement d'une plante à graines ou à tubercules, déterminé par ses caractères variétaux, est fortement influencé par les facteurs de l'environnement. Pour les plantes à tubercules comme la pomme de terre, on sait que le rendement en tubercules est directement lié à la surface foliaire mise en place et à la longévité des feuilles au cours du grossissement des tubercules. La forme de la partie aérienne et son fonctionnement jouent donc un rôle important dans l'expression du rendement. L'architecture de cette partie aérienne est encore plus déterminante lorsque la plante possède deux sites de réserves, graines et tubercules. C'est le cas du *Pachynhizus erosus* (encore appelé Yam bean, dolique tubéreux ou pois patate); légumineuse tubérifère des régions tropicales. Nos premiers travaux sur le comportement de cette plante en réponse aux facteurs du milieu montrent que le port peut être déterminé (port de haricot nain) en conditions de jours décroissants ou totalement indéterminé (avec formation de lianes) en jours croissants. Dans le premier cas la physiologie de la plante est préférentiellement orientée vers la production de tubercules alors que dans le deuxième cas, la mise en place d'une partie aérienne importante avec allongement du cycle de la plante conduit à la production simultanée de graines et de tubercules. L'aptitude du *Pachynhizus* à produire des graines et des tubercules conduit à une compétition entre deux puits, qui est rompue dans la pratique courante par l'ablation, à un stade précoce, de toute tige florifère apparaissant sur les plantes destinées à la production de tubercules (ZEPEDA, 1971).

Ce travail rapporte les effets de deux phytohormones: Chlorocholine (CCC) et acide gibbérellique (GA_3), qui sont susceptibles de modifier les caractères de croissance et la distribution de matière entre les différentes parties de la plante. Les expérimentations ont été menées en jours décroissants ou courts.

II - MATERIEL ET METHODES

A - MATERIEL

Le matériel végétal utilisé est le *Pachynhizus erosus* (Yam bean ou dolique tubéreux) légumineuse tropicale tubérifère, originaire du Mexique. Ses graines ont été généreusement fournies par le Dr STEELE de L'I.I.T.A. d'Ibadan (Nigéria) et multipliées sur place.

B - METHODES

L'expérimentation a été établie au champ sur parcelle de sol ferrallitique et conduite d'octobre 1983 à février 1984. Les graines ont été semées tous les 60 cm sur des billons espacés de 1 m. Chaque traitement comporte 250 plantes homogénéisées avant le début des prélèvements.

La fertilisation est localisée et apportée sous forme d'engrais potassiques et phosphorés, mélangés sur environ 30 cm de diamètre autour du pied de la plante. Aucun apport d'azote n'a été effectué. Le phosphate a été apporté sous forme de scories de déphosphoration à raison de 70 U à l'hectare, les 2/3 au moment du semis et le reste au stade 3 feuilles en même temps que le potassium à raison de 120 U à l'hectare. Les scories ont l'avantage de réaliser en même temps un apport de Chaux et de Magnésium sur les sols ferrallitiques acides.

Les plantes sont traitées avec des solutions d'acide gibbérellique à la dose de 50 et 200 ppm (GA₃ 50 et GA₃ 200) ou de chlorure de Chlorocholine, à la dose de 1000 et 5000 ppm (CCC 1000 et CCC 5000) par pulvérisation sur toute la partie aérienne. Les plantes témoins sont pulvérisées avec de l'eau. Les traitements sont effectués tous les 15 jours à partir de la 5e semaine et après le premier prélèvement. 5 traitements ont été réalisés.

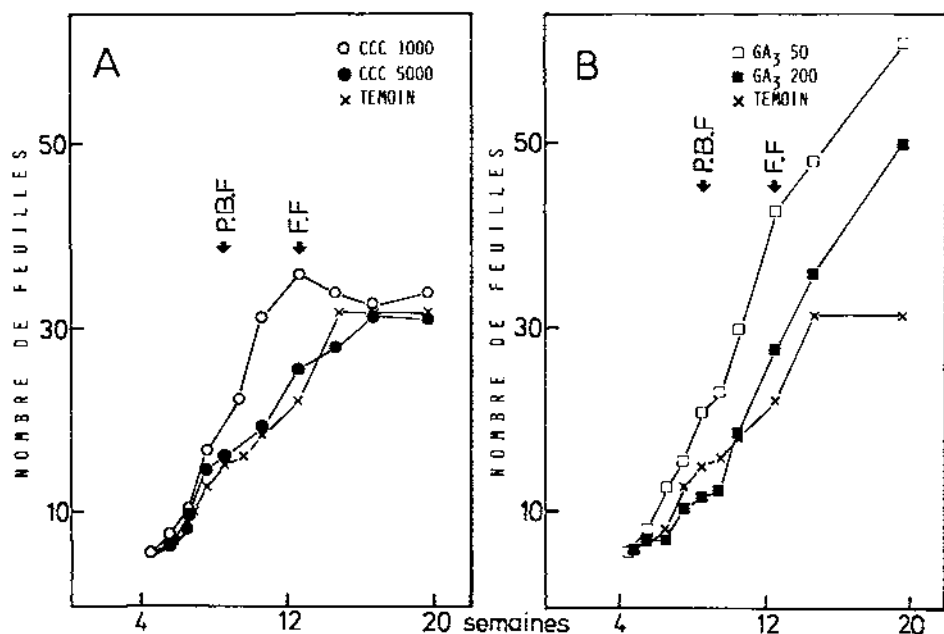
Des prélèvements de 10 plantes par traitement, tirés au hasard ont été effectués toutes les semaines entre la 4e et 10e semaine puis tous les quinze jours pour suivre la croissance et le développement de la plante. A partir des échantillons on détermine: le nombre de feuilles, la matière sèche des principaux organes, le rapport des matières sèches des parties aériennes et des parties souterraines.

III - RESULTATS

A - EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA PARTIE AERIENNE

1. Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles émises au cours de la croissance du *Pachyrhizus* varie suivant les traitements (Fig. 1). Lorsque l'on compare les plantes traitées au CCC et les plantes témoins, on s'aperçoit que depuis la 15e semaine, il n'y a plus d'augmentation du nombre de feuilles aussi bien sur les témoins que sur les plantes traitées. Le ralentissement de la formation des feuilles constaté dès la 12e semaine après semis semble lié à la mise en place de la floraison puisqu'il se situe après la floraison et l'apparition des premières gousses (marqué FF sur la fig. 1A). L'effet du CCC 1000 se traduit par un rythme d'émergence des feuilles plus rapide et un nombre de feuilles formées supérieur à ceux qui sont observés chez les plantes témoins ou traitées



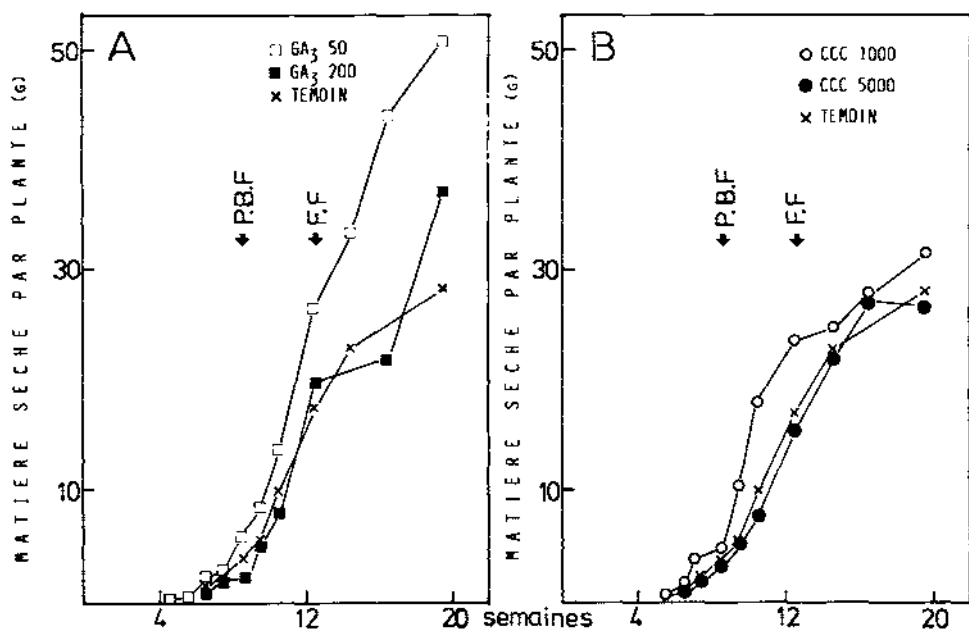
Evolution du nombre de feuilles du *Pachyrhizus* par plante sous différents traitements en jours courts. P.B.F. : formation des premiers bourgeons floraux ; F.F. : floraison et début de formation des gousses. Evolution of leaf number of *Pachyrhizus* per plant under different treatments in short days. P.B.F. : formation of first floral buds ; F.F. : flowering and beginning of pod set.

au CCC 5000 entre la 8e et la 12e semaine. En fin de croissance cependant, c'est le même nombre total de feuilles que portent les plantes témoins et celles traitées au CCC.

L'acide gibbérellique, en favorisant l'allongement des entrenœuds et la ramification des tiges, stimule l'émission des feuilles. Sur les plantes traitées au GA₃ 50 la courbe d'émission des feuilles est linéaire jusqu'à la fin de la 12e semaine, puis il apparaît un léger fléchissement (fig. 1B). A la fin de la 20e semaine le nombre de feuilles sur les plantes traitées au GA₃ 50 est pratiquement le double de celui observé sur les plantes témoins. Le GA₃ 50 est plus efficace sur la formation des feuilles que le GA₃ 200. A cette dernière dose aucun effet sur la formation des feuilles n'est constaté jusqu'à la 14e semaine. La courbe d'évolution du nombre de feuilles portées par les plantes traitées au GA₃ 200 ne s'écarte de celle des plantes témoins que vers la 16e semaine, lorsqu'interviennent l'avortement des fleurs et une mauvaise nouaison.

2. matière sèche des limbes

Les traitements au GA₃ 200 et au CCC 5000 n'affectent pas l'accumulation de matière sèche dans les limbes des plantes traitées lorsqu'on les compare aux témoins. A ces doses, le GA₃ et le CCC n'ont pas d'effet (fig. 2A et B). En revanche, les plantes traitées au GA₃ 50 et au CCC 1000 présentent une évolution identique de la matière sèche dans leurs limbes. Au même âge, les quantités de matières accumulées sont significativement supérieures à celles obtenues avec les plantes traitées au GA₃ 200 et au CCC 5000 dès le début des traitements et jusqu'à la fin de la 12e semaine. A partir de ce moment la courbe d'accumulation de la matière sèche sous traitement de CCC 1000 s'infléchit au point qu'à la 20e semaine on retrouve pratiquement les mêmes valeurs pour les plantes témoins et pour celles qui sont traitées au CCC 1000, CCC 5000 et GA₃ 200. Seuls les plantes sous GA₃ 50 continuent à accumuler de la matière sèche dans les limbes et s'écartent ainsi des autres traitements.



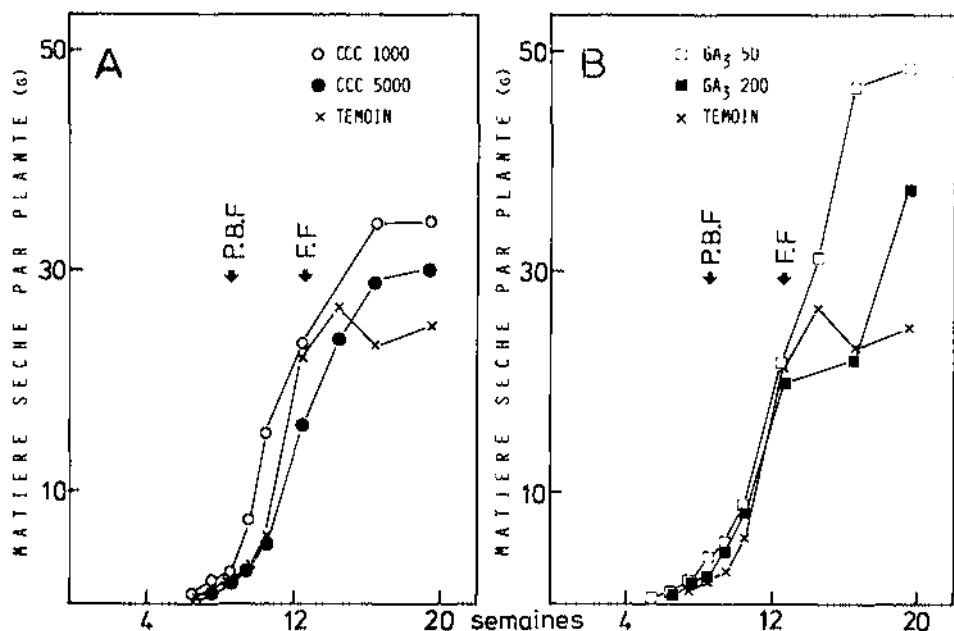
Evolution de la matière sèche des limbes des feuilles de *Pachyrhizus* sous différents traitements en jours courts. P.B.F : formation des premiers bourgeons floraux ; F.F : floraison et début de formation des gousses.

Evolution of leaf dry matter of *Pachyrhizus* under different treatments in short days. P.B.F : formation of first floral buds ; F.F : flowering and beginning of pod set.

3. Matière sèche des tiges et pétioles

D'une façon générale, l'accumulation importante de matière dans les tiges et dans les pétioles débute vers la 8e semaine après les premières manifestations de la floraison. Lorsque les traitements n'affectent pas le déroulement du processus de la floraison, c'est le cas des plantes traitées au CCC et des témoins, cette accumulation est liée à la mise en place de nombreuses hampes florales (fig. 3A). La courbe de l'évolution de la matière sèche dans les tiges et dans les pétioles s'infléchit ensuite à partir de la 14e semaine, date à partir de laquelle le cycle de la plante se poursuit essentiellement par la formation et le remplissage des gousses dans la partie aérienne. Il est intéressant de noter qu'à partir de la 8e semaine, les plantes traitées au CCC 1000 fournissent une croissance supérieure à celles traitées au CCC 5000.

C'est avec le GA_3 50 que nous obtenons la plus forte accumulation de matière dans les tiges et dans les pétioles au bout de 20 semaines (fig. 3B). Elle est due à l'allongement des entrenœuds et à la formation de tiges secondaires lianescentes qu'on observe habituellement en jours longs. Les plantes traitées au GA_3 200 montrent un ralentissement dans la croissance des tiges et pétioles entre la 12e et la 16e semaine, mais cette dernière reprend ensuite.



Matière sèche des tiges et pétioles au cours de la croissance de *Pachyrhizus* sous différents traitements en jours courts. P.B.F : formation des premiers bourgeons floraux ; F.F : floraison et début de formation des gousses.

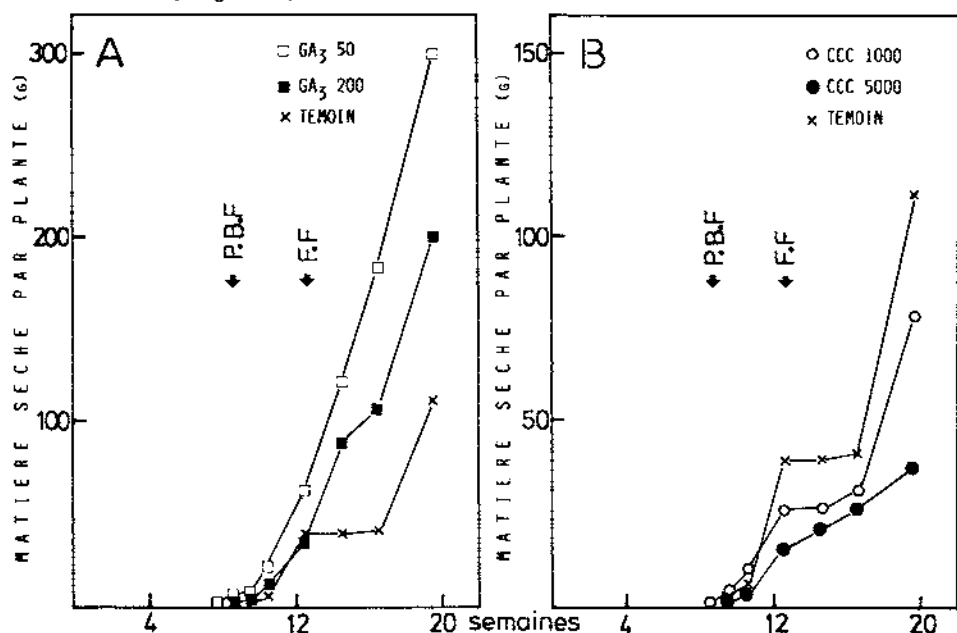
Change in dry matter weight of stems and petioles under different treatments in short days. P.B.F : formation of first floral buds ; F.F : flowering and beginning of pod set.

Quelle que soit la phytohormone utilisée, on observe que les doses faibles (GA_3 50 et CCC 1000) sont plus favorables à l'accumulation de la matière sèche dans les tiges et pétioles que les doses plus élevées (GA_3 200 et CCC 5000).

B - EFFETS DES PHYTOHORMONES SUR LA PARTIE SOUTERRAINE : RACINE ET TUBERCULE

L'induction de la tubérisation est toujours précoce chez le *Pachyrhizus* et se situe toujours entre la 4^e et la 6^e semaine après le semis, moment à partir duquel on peut percevoir un début de renflement de la racine. Les traitements aux phytohormones ont débuté pendant la période d'induction et aucune inhibition n'a été constatée. Les résultats ne se rapportent donc qu'aux effets de ces facteurs de croissance sur le grossissement du tubercule (fig. 4).

Quelle que soit la dose utilisée, l'acide gibbéréllique sous les conditions de jours courts favorise le développement du tubercule alors que le CCC l'inhibe partiellement. Le traitement est plus efficace à la dose de 50 ppm qu'à la dose de 200 ppm pour l'acide gibbéréllique (fig. 4A). A la 20^e semaine les matières sèches des tubercules des plantes traitées au GA_3 50 et GA_3 200 sont respectivement 2,7 et 1,8 fois plus élevées que celles rencontrées dans les tubercules des plantes témoins. Avec les CCC 1000 et CCC 5000 elles sont respectivement 0,78 et 0,37 fois celles des témoins (fig. 4B).



Matière sèche des racines et tubercule au cours de la croissance de *Pachyrhizus* sous différents traitements en jours courts. P.B.F. : formation des premiers bourgeons floraux ; F.F. : floraison et début de formation des gousses.

Change in dry matter of roots and tuber under different treatments in short days. P.B.F. : formation of first floral buds ; F.F. : flowering and beginning of pod set.

Entre la 12e et la 16e semaine, la courbe d'accumulation de la matière dans les tubercules présente un plateau sur les plantes témoins et celles traitées au CCC 1000. Il est moins accusé avec le GA₃ 200 mais absent avec le GA₃ 50. Ce plateau est le reflet des relations de compétition qui s'instaurent entre le puits aérien (gousses et graines) et le puits souterrain (tubercule). En effet, l'accumulation de la matière sèche dans le tubercule ralentit fortement au moment du remplissage des gousses. Elle ne reprend qu'une fois celui-ci presque achevé. La faible nouaison précédée d'un échelonnement de la floraison chez les plantes traitées à l'acide gibbéréllique explique l'absence de ce plateau; le seul organe se remplissant est alors le tubercule.

A la fin du cycle de la plante (5 mois après semis) le poids frais moyen du tubercule (chaque plante produit un tubercule) déterminé à partir d'un échantillon de 50 plantes par traitement est: 1200 g pour le témoin, 430 g et 910 g respectivement pour le CCC 5000 et CCC 1000; 1800 g et 3520 g respectivement pour le GA₃ 200 et le GA₃ 50.

Tableau 1

Répartition en pourcentage, à la fin de la 20e semaine, de la matière sèche de la plante dans les 3 compartiments suivants: fleurs et fruits, tiges + feuilles, racines et tubercule.

Distribution in percentage, at the end of 20th week, of plant dry matter in the following three compartments: flowers and fruits, leaves and stems, roots and tuber.

TRAITEMENTS	TEMOIN	CCC 1000	CCC 5000	GA ₃ 50	GA ₃ 200
Matière sèche totale/plante (g)..... (MST)	255,7	312,3	250,8	469,2	279,6
M.S. des fleurs et fruits/plante..... en p.100 DE MST	36,6	51,9	61,2	15,1	0,03
M.S. du tubercule et racines/plantes. en p.100 de MST	42,6	27,1	16,3	63,7	71,7
M.S. tiges + feuilles/plante..... en P.100 de MST	20,8	21	22,5	21,3	28,3

C - EFFETS DES PHYTOHORMONES SUR LA MATIERE SECHE TOTALE ET SA REPARTITION DANS LES DIFFERENTS ORGANES

A la fin de la 20e semaine représentant la date de récolte des tubercules, on observe que les plantes témoins et celles traitées au GA₃ 200 et au CCC 5000 ont accumulé pratiquement les mêmes quantités de matières sèches. En revanche, les plantes traitées au CCC 1000 et au GA₃ 50 ont présenté des matières sèches supérieures à celles des plantes témoins avec des écarts atteignant 20 p.100 pour le CCC 1000 et 80 p.100 pour le GA₃ 50.

La répartition de la matière sèche de la plante dans les trois compartiments suivants: feuilles et tiges, fleurs et fruits, racines et tubercule, a été analysées 20 semaines après semis (Tabl. 1). Bien que la matière sèche totale par plante varie dans une large gamme en fonction des traitements, on s'aperçoit que le pourcentage, relatif au compartiment tiges et feuilles se situe entre 20 et 23 p.100 quel que soit le traitement sauf en présence de GA₃ 200 où il atteint 28,3 p.100. Le contenu de ce compartiment est donc stable; il en est de même du pool total de matière distribuée entre les autres compartiments, qui est voisin de 75 p.100 de la matière sèche totale de la plante. Alors que la répartition semble à peu près équilibrée entre le puits aérien (36,6 p.100) et le puits souterrain (42,6 p.100) chez les plantes témoins, le CCC favorise le premier (51,9 p.100 sous CCC 1000 et 61,2 p.100 sous CCC 5000). La tendance est inversée avec les plantes traitées au GA₃ où l'accumulation de la matière sèche se fait préférentiellement dans le tubercule (63,7 p.100 sous GA₃ 50 et 71,7 p.100 sous GA₃ 200) au détriment des fleurs et des graines.

On en déduit que les phytohormones n'affectent pas l'équilibre entre la source et les puits mais seulement celui entre les deux organes de réserves.

D - EFFETS DES PHYTOHORMONES SUR PA/PS

PA/PS représente le rapport des matières sèches des parties aériennes et des parties souterraines.

Les courbes de la fig. 5 montrent les effets des deux phytohormones sur l'évolution du PA/PS. Le comportement des plantes traitées à l'acide gibbéréllique est très différent de celui des plantes pulvérisées avec du Chorure de Chloro-choline.

Quelle que soit la dose utilisée; 50 ppm ou 200 ppm, le rapport PA/PS des plantes traitées au GA₃ décroît dès la 6e semaine jusqu'à la 14e semaine à une valeur inférieure à 1 après la 12e semaine. La répartition de la matière sèche se fait donc progressivement au profit des parties souterraines.

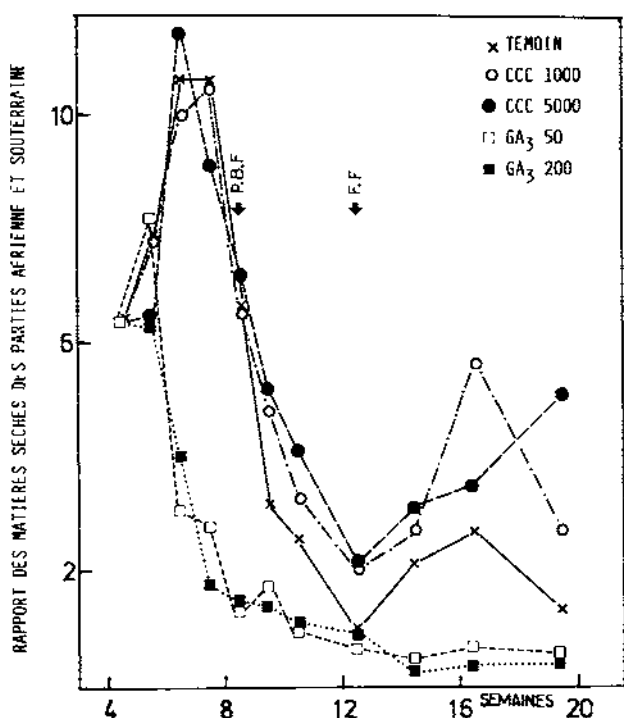


fig. 5 Evolution du rapport des matières sèches de la partie aérienne et de la partie souterraine sous différents traitements.
P.B.F : formation des premiers bourgeons floraux ; F.F : floraison et début de formation des gousses.

Change of the ratio of the dry matter of aerial parts over dry matter of tuber and roots under different treatments
P.B.F : formation of first floral buds ; F.F : flowering and beginning of pod set.

Les plantes traitées au CCC présentent une courbe d'évolution du PA/PS analogue à celle qui est obtenue avec le témoin. On peut y distinguer plusieurs phases :

. Le rapport PA/PS s'élève : on assiste à une croissance active de la partie aérienne pendant que le grossissement du tubercule est encore faible.

. Il passe par un maximum puis décroît jusqu'à la 12e semaine. Cette phase de décroissance est analogue à celle rencontrée sur les plantes traitées au GA_3 . C'est la phase de grossissement active du tubercule.

. Entre la 12e et la 20e semaine, l'évolution de PA/PS se traduit par un pic. C'est l'époque du remplissage des gousses et de la formation des graines. Sur les plantes témoins ou traitées au CCC 1000, on observe que le grossissement du tubercule est arrêté entre la 12e et la 16e semaine (fig. 4) et ne reprend qu'ensuite. Pendant la phase de montée du pic, les assimilats sont donc mobilisés entièrement pour la formation des gousses et leur remplissage.

. Si on compare les effets des 2 phytohormones, on constate :

a) Une stimulation précoce du grossissement du tubercule chez les plantes traitées à l'acide gibbéréllique. En fin de cycle, l'obtention d'un rapport PA/PS inférieur à 1 révèle un remplissage des tubercules plus efficace que sous les autres traitements. L'absence de pic entre la 12e et la 20e semaine est le reflet d'une floraison réduite doublée d'une mauvaise nouaison en présence de GA_3 . Ceci a pour conséquence la réduction ou la suppression de la capacité de stockage du 2e puits qu'auraient constitué les graines.

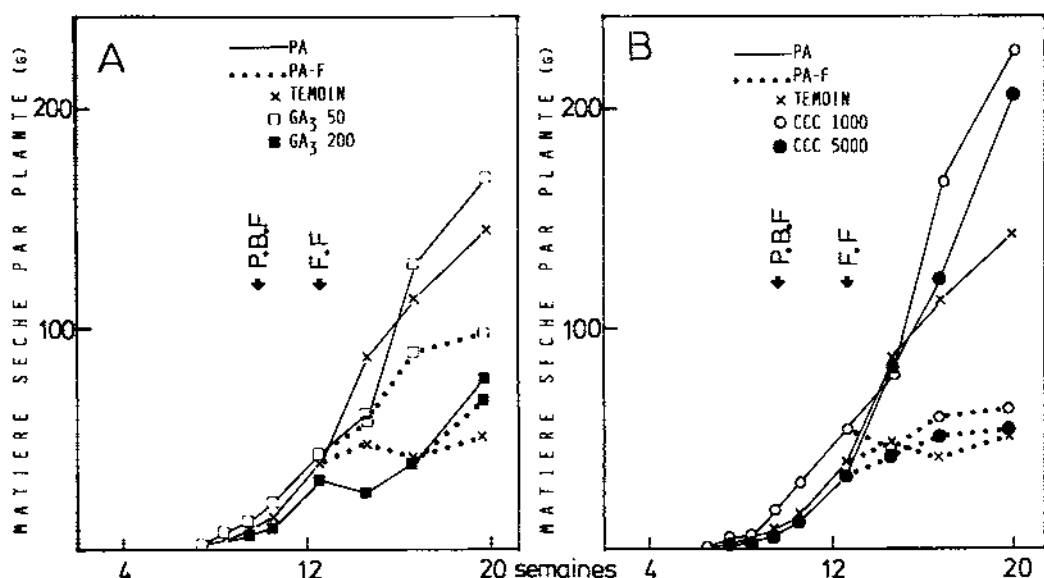
b) En revanche, le CCC favorise la formation de gousses et de graines au détriment du tubercule. On peut dire alors que le CCC inhibe partiellement le grossissement du tubercule.

E - EFFETS DES FACTEURS DE CROISSANCE SUR LA FLORAISON ET LA FRUCTIFICATION

Sur la fig. 6A et B on peut suivre l'évolution des matières sèches dans la partie aérienne sous différents traitements. A partir de la 12e semaine chaque courbe se subdivise en deux, l'une représentant l'évolution de la matière sèche totale de la partie aérienne, l'autre celle de cette même partie aérienne diminuée de la matière sèche des fruits et fleurs. Chez les plantes témoins ou traitées au CCC l'accumulation de matière dans les feuilles et tiges est fortement ralentie dès la 12e semaine et totalement arrêté à partir de la 16e semaine pendant la formation active des gousses. Les plantes traitées au GA_3 continuent au contraire à distribuer la matière sèche entre les tiges, feuilles et gousses.

Le CCC aux doses de 1000 ppm et de 5000 ppm et l'acide gibbéréllique à la dose de 50 ppm n'ont aucun effet sur l'induction florale. Les premiers bourgeons floraux sur les plantes témoins et traitées apparaissent à la même époque, c'est-à-dire entre la 8e et la 9e semaine après semis. En revanche, le GA_3 à la dose de 200 ppm retarde d'environ 4 semaines l'apparition des premiers bourgeons.

Ces facteurs affectent aussi le déroulement de la floraison et de la fructification. Le nombre de hampes florales observé sous GA_3 est plus faible que celui rencontré chez les témoins et les plantes traitées au CCC. Le CCC favorise une floraison groupée et la nouaison alors que le GA_3 provoque un échelonnement du développement des fleurs et une mauvaise nouaison conduisant à une fructification peu abondante.



Evolution de la matière sèche de la partie aérienne : PA : matière sèche totale ; PA-F : matière sèche totale diminuée de celle des fleurs et fruits ; P.B.F : formation des premiers bourgeons floraux ; F.F : floraison et début de formation des gousses.

Change in dry matter of aerial parts : PA : total dry matter ; PA-F : total dry matter minus flower and fruit dry matter ; P.B.F : formation of first floral buds ; F.F : flowering and beginning of pod set.

IV - DISCUSSION - CONCLUSION

Le *Pachyrhizus erosus* dans les conditions environnementales des Antilles présente un port déterminé lorsque les semis sont effectués en jours décroissants ou courts et un port lianescent lorsque les semis ont lieu en jours croissants ou longs, bien que ces conditions de jours long ou courts doivent être comprises par rapport à un battement photopériodique annuel de 12 ± 1 heures. (ZINSOU et al., à paraître).

Ce comportement rencontré chez le *Pachyrhizus* est analogue à celui décrit d'autres plantes dont la croissance et le développement sont étudiés en jours longs ou en jours courts. Il est expliqué par un niveau plus élevé de substances de type gibbérelline dans les plantes soumises aux conditions de jours longs que dans les plantes ayant subi des conditions de jours courts (RAILTON et WAREING, 1973). La stimulation d'une croissance végétative obtenue en jours courts par l'acide gibbérellique sur une plante comme le *Pachyrhizus* peut donc être le reflet d'un effet additif de la gibbérelline endogène faible et de l'acide gibbérellique exogène apportée par pulvérisation foliaire.

Nous observons que les doses de CCC (1000 et 5000 ppm) ne suppriment pas la croissance végétative de *Pachyrhizus* en jours courts. Il y a au contraire un léger effet stimulateur en présence de CCC 1000. On peut dire que cette légumineuse est moins sensible au CCC que la pomme de terre chez laquelle de nombreux auteurs (DIGBY et DYSON, 1973; EL-ABD et al., 1980) ont montré que les doses de 1000 et de 2000 ppm supprimaient la croissance. Les résultats de ces auteurs confirmaient ceux de RADWAN et al., (1971) qui rapportaient la réduction de l'élongation de la tige par le CCC. La suppression de la croissance végétative est expliquée par l'aptitude du CCC à inhiber la biosynthèse de la gibbérelline (DENNIS et al., 1965; PALEG et al., 1965; LANG, 1970) et à stimuler la destruction de l'auxine (HALEVY, 1963; HEIDE, 1969).

Au niveau de la floraison et de la fructification l'effet favorable du CCC sur ces deux processus a été manifeste. Pour des quantités relatives voisines de matière sèche accumulée au niveau des tiges et des feuilles, on constate que les rendements en gousses et fruits les plus élevés ont été obtenus en présence de CCC et les plus faibles en présence de l'acide gibbérellique mais les deux processus se déroulent encore normalement avec la dose de 50 ppm de GA₃. En ce qui concerne le CCC, cet effet favorable à la fructification peut être rapproché des résultats de PROKHORCHIK et MASHTOKOV (1972) qui rapportent que les doses moyennes de CCC améliorent le rendement sans que cela affecte de façon significative la croissance de la partie aérienne. Les auteurs expliquent ce résultat apparemment contradictoire par le fait que les traitements au CCC augmentent la teneur en Chlorophylle a et b, en caroténoïdes, l'intensité photosynthétique et la phosphorylation cyclique, donc tous les facteurs susceptibles d'augmenter le pool des assimilats.

L'effet de l'acide gibbérellique sur la floraison ou la fructification peut être favorable ou défavorable suivant les espèces et les doses utilisées (SACHS et HACKETT, 1969, 1977). Si la dose de 50 ppm n'est pas encore préjudiciable à ces deux processus chez le *Pachyrhizus* celle de 200 ppm en est inhibitrice.

Bien que l'induction de la tubérisation puisse se faire à n'importe quel moment de l'année sous nos conditions climatiques, le meilleur remplissage des tubercules s'obtient en jours courts et est accéléré après l'induction florale. La compétition qui s'établit entre les deux puits (graines d'une part et tubercule d'autre part) peut se traduire par un ralentissement ou une interruption temporaire du grossissement du tubercule, les assimilats étant préférentiellement orientée vers les gousses et les fruits. En présence du CCC on observe une inhibition partielle du grossissement du tubercule aux doses utilisées. Si on considère uniquement la production du tubercule, ce résultat est en contradiction avec ceux de RADWAN et al., (1971) qui rapportent que le CCC augmente le rendement de la pomme de terre grâce à son effet stimulant sur la production de la matière sèche.

Habituellement le CCC est utilisé en conditions non inductives pour promouvoir la tubérisation et cet effet est expliqué par son action antigibbérellique (DIGBY et DYSON, 1973; KUMAR et WAREING, 1974). Chez la pomme de terre, l'induction de la tubérisation est alors déclenchée par un subtil dosage des substances de type gibbérellique et les substances de type antigibbérellique (OKAZAWA, 1967; PONT LEZICA, 1970). En conditions de jours courts où le niveau de substances de type antigibbérellique est élevé, l'apport de CCC exogène peut conduire encore à l'augmentation de ce niveau ou à une réduction du niveau déjà faible de la gibbérelline dont on sait qu'une certaine teneur est non seulement nécessaire à l'induction de la tubérisation mais aussi au grossissement du tubercule (HAMMES et NEL, 1975). Ainsi pourraient s'expliquer à la fois l'effet inhibiteur du CCC et l'effet favorable de l'acide gibbérellique exogène sur le grossissement du tubercule du *Pachyrhizus* en jours courts.

L'acide gibbérellique aux doses de 50 ppm et de 200 ppm favorise le grossissement du tubercule chez cette plante. Cet effet est important à souligner car cette phytohormone est connue pour avoir un rôle inhibiteur sur la formation et le développement des organes de réserves des plantes à tubercule (OKAZAWA, 1960; KUMAR et WAREING, 1974; KUMAR et BAIJAL, 1979) à cause de son effet sur la distribution des sucres dont la migration vers le tubercule est perturbée (LOVELL et BOOTH, 1967).

Jusqu'ici les facteurs de croissance comme le CCC et l'acide gibbérellique ont été utilisés sur les plantes produisant un seul organe de réserves; graines ou tubercules. Les résultats rapportés par les différents auteurs sont discutés en terme de relations entre une source qui est constituée par les feuilles (organes exportateurs) et par rapport à un seul puits. Les facteurs de croissance interviennent alors pour limiter les capacités d'exportation de la source ou celles d'importation du puits. Dans le cas du *Pachyrhizus* présentant une seule source mais deux puits, le problème se pose aussi en terme de compétition entre ces 2 puits au niveau de la répartition des assimilats.

Si à la fin de la 20e semaine, proche de la fin du cycle de la plante on considère les tiges et les feuilles comme une source, on constate que quels que soient la croissance du *Pachyrhizus* et les traitements appliqués, ce compartiment a un volume, exprimé en pourcentage, constant. On en déduit aussi que le volume des deux puits est constant également. Les facteurs de croissance n'ont donc pas modifié le flux entre la source et les puits mais opéré une redistribution d'un flux total provenant de la source entre les graines et le tubercule. Ainsi le CCC, en améliorant la capacité d'importation des gousses a privilégié leur développement au détriment du tubercule; le GA₃ en réduisant ou en supprimant le puits constitué par les graines a favorisé le grossissement du tubercule.

REFERENCES

- DENNIS D. T., UPPER C. D., WEST G.A., 1965. An enzymatic set inhibition of gibberellin biosynthesis by Amo 1618 and other plant growth retardants. *Plant Physiol.*, 40, 948.
- DIGBY Y., DYSON P.W., 1973. A comparison of the effects of photoperiod on a growth retardant CCC on the control of stem extension in potato. *Potato Res.*, 16, 159-167.
- EL-ABD S.O., EL-BELTAGY M.S., ABOU-HUSSEIN M.R., EL-BELTAGY A. S., MAKSOUD M.A., 1980. Effect of some growth regulators on growth and development of potato plants. *Egypt. J. Hort.*, 7, 169-180.
- HALEVY A.H., 1963. Interaction of growth retarding compounds and gibberellin on indole acetic acid oxidase and peroxidase of cucumber seedlings. *Plant Physiol.*, 38, 731.
- HAMMES P.S., NEL P.C., 1975. control mechanisms in the tuberization process. *potato Res.*, 18, 262-272.
- HEIDE O.M., 1969. Interaction of growth retardants and temperature in growth, flowering regeneration and auxin activity of *Bignonia* x *Cheimanthis* Everett. *Physiol. Plant.*, 22, 1001.
- KUMAR P., BAIJAL B.D., 1979. The role of various growth regulators on plant growth and development of potato (*Solanum tuberosum* L). I - general growth responses of plant. *Agra Un. J. Res.*, 28, 23-30.
- KUMAR D., WAREING P.F., 1974. Studies on tuberization of *Solanum andigena*. 2 - Growth hormones and tuberization. *New Phytol.* 73, 833-840.
- LANG A., 1970. Gibberellins, structure and metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 21, 537-570.
- LOVELL P.H., BOOTH A., 1967. Effects of gibberellic acid on growth, tuber formation and carbohydrate distribution in *Solanum*. *New Phytol.*, 66, 525-537.
- OKAZAWA Y., 1960. Studies on the relation between the tuber formation of potato and its natural gibberellin content. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan.*, 29, 121-124.
- OKAZAWA Y., 1967. Physiological studies on the tuberization of potato plants. *J. Fac. Agric. Hokkaido Un. Sapporo*, 55, 267-336.
- PALEG L., KENDE H., NINEMANN H., LANG A. 1965. Physiological effect of gibberellic acid. VII - Growth retardants on barley endosperm. *Plant Physiol.*, 40, 165.

- PONT LEZICA R.F., 1970. Evolution des substances de type gibbérellines chez la pomme de terre pendant la tubérisation en relation avec la longueur du jour et de la température. *Potato Res.*, 13, 323-331.
- PROKHORCHIK, MASHTOKOV, 1972. Cité dans EL-ABD et, 1980. "Effect of some growth regulators and development of potato plants. *Egypt. J. Hort.*, 7, 169-190.
- RADWAN A.A., EL-FOULY M.M., GARAS N.A., 1971. Retarding stem elongation and stimulating dry matter production and yield of potato with Chlormequat Chloride (CCC). *Potato Res.*, 14, 173-180.
- RAILTON I.D., WAREING P.F., 1973. Effects of daylength on endogenous gibberellins in leaves of *Solanum andigena*. I - Changes in levels of free acidic gibberellin like substances. *Plant Physiol.*, 28, 88-94.
- SACHS R.M., HACKETT W.P., 1969. Control of vegetative and reproductive development in seed plants. *Hort. Sci.*, 4, 103-107.
- SACHS R.M., HACKETT W.P., 1977. Chemical control of flowering. *Acta Hort.*, 68, 29-49.
- ZEPEDA A.H., 1971. Efecto de desfloracion de la jicama (*Pachyrhizus erosus*) sobre el rendimiento. Dept. Hort. INIA SAG. CIAB Celoya GTO Mexico.
- ZINSOU C., CHABANNE A., VANSUYT G., VENTHOU-DUMAINE A., 1984. croissance et développement de *Pachyrhizus erosus* Urban (Yam Bean). II - Effets de l'acide gibbérellique (GA_3) et du Chlorure de chlorocholine (CCC) en conditions de jours croissants et décroissants. (à paraître).

GREFFES INTERSPECIFIQUES ET PRODUCTION DE TUBERCULES

C. DUCATILLION

Laboratoire de Botanique Tropicale

USTL

34000 MONTPELLIER - FRANCE

Les interrelations du système racinaire et du système aérien agissent sur la croissance, la morphologie, la composition des organes, les phénomènes métaboliques, etc... Nous citons des cas de greffes interspécifiques qui permettent d'augmenter la production de tubercules comestibles par association de potentialités du système aérien d'une espèce sans tubercule et du système souterrain d'une espèce à tubercule. Les associations recherchées peuvent conduire à augmenter la surface foliaire, donc la capacité énergétique par greffage d'une grande espèce sans tubercule sur une petite espèce à tubercules, ou à augmenter la capacité de stockage souterrain par la présence de facteurs hormonaux se trouvant dans l'espèce sans tubercule. La réussite dépend de la présence dans l'espèce sans tubercule d'un facteur induisant la tubérisation, et d'un récepteur compétent dans l'espèce tubéreuse.

FARMING SYSTEMS RESEARCH AT THE NATIONAL ROOT
CROPS RESEARCH INSTITUTE, UMUDIKE AND ITS IMPACT
ON THE RURAL COMMUNITY

*(Systèmes d'exploitation dans l'Agriculture
nigériane à base de tubercules)*

L.S.O. ENE and RAY P.A. UNAMMA
National Root Crops Research Institute
Umudike
PMB 7006
UMUAHIA, NIGERIA

SUMMARY

In Nigeria, small-scale farmers account for 70 per cent of domestic food supply. From a farming systems benchmark survey in 1982, major constraints to food production included lack of capital (92 per cent), unavailability of fertilizers and pesticides (42 per cent), weed infestation (38 per cent), poor transportation (36 per cent), diseases/pests (25 per cent), ineffective extension services (9 per cent). 88 per cent of the respondents practised mixed cropping (yam/maize/cassava/vegetables/egusi). Trials confirmed that the following per cent more land became available to the farmer from intercropping cassava/maize (40 per cent), cassava/maize/groundnuts (71 per cent), yam/maize (59 per cent), yam/egusi (63 per cent), cocoyam/egusi (59 per cent), cocoyam/sweet potato/maize (58 per cent). Weed control was most efficient when herbicide use was integrated with intercropping (egusi) and local manual hoeing practice. All the farmers in the sample frame accepted this technology.

RESUME

Au Nigéria, les petits exploitants assurent 70 pour cent de l'approvisionnement alimentaire. Une enquête de repérage des systèmes d'exploitation effectuée en 1982 a établi que les contraintes majeures dans la production alimentaire comportaient l'absence de capitaux (92 pour cent), l'indisponibilité de fertilisants et de pesticides (42 pour cent), les mauvaises herbes (38 pour cent), l'insuffisance des transports (36 pour cent), les attaques parasitaires (25 pour cent), l'inefficacité des services de vulgarisation (9 pour cent). Les réponses montrent que 88 pour cent des exploitants pratiquent les cultures associées (igname/maïs/manioc/plantes maraîchères/egusi). Les essais confirment que les associations suivantes manioc/igname (40 pour cent),

manioc/maïs/arachide (71 pour cent), igname/maïs (59 pour cent), igname/egusi (63 pour cent), taro/egusi (59 pour cent), taro/patate/maïs (58 pour cent) permettent un gain de surface aux exploitants. La lutte contre les mauvaises herbes était la plus efficace lorsque l'emploi de l'herbicide était intégré à la culture intercalaire (egusi) et aux pratiques locales de désherbage à la houe. Tous les exploitants de l'échantillon acceptaient cette technologie.

INTRODUCTION

The fourth National Development Plan in Nigeria expected the bulk of a projected 4 per cent agricultural incremental rate to come from small holder farmers who currently account for over 80 per cent of the domestic food supply (FMNAR, JPC 1974).

This projection is far from being realised due to, among other factors, limited adoption by small farmers, of a backlog of agricultural technologies developed in Nigeria (EZE, 1981). Therefore, agricultural productivity have remained low. The technologies were not adopted, principally because they were not tailored to the needs, capabilities and situations of the farmers. Instead, agricultural research in Nigeria has been organized along discipline and commodity lines ; an arrangement which has been criticised as presenting formidable management problems in evolving relevant and coherent research programmes without adequate reference to the farmers problems (OKIGBO, 1978 and 1982 ; ARIBISALA, 1982).

In order to increase the agricultural productivity of the apparently neglected majority of small farmers, the Federal Government of Nigeria set up a committee that reviewed agricultural research activities in Nigeria and advised on the re-orientation of research activities towards developing technologies that are within the farmers means to own, use, hire and repair and which are relevant to their needs and situations (OKIGBO, 1982). This required a reversal of an age long "Top to down" approach to agricultural research. Some of the National Research Institutes including NRCRI, have already started implementing the recommendations of the Committee. At the NRCRI, farming systems research efforts are geared towards :

- (i) Identifying the major agricultural production constraints of rural root crops-based farmers.
- (ii) Addressing the "small" farmers' problems by working with them under their conditions.

- (iii) Incorporating into the traditional farming systems improved technologies from commodity root crops programmes of this Institute and other National and International Research Institutes.
- (iv) Identifying more efficient and economic methods of managing root crops-based farming systems and land to produce good yields on a sustained basis.

MATERIALS AND METHODS

A benchmark survey of the Farming Systems of the eastern Agricultural Zone of Nigeria was carried out from March to December, 1982. The survey was a single general interview survey designed to provide quick information on the state of farm production in Anambra, Cross River, Imo and Rivers States on which further research and extension efforts could be based. Data were collected mainly on those phenomena that farmers could remember and describe, which changed slowly and that are characterised by infrequent occurrences relating to the farmers knowledge, beliefs, attitudes and goals ; all of which facilitated identification of the major constraints to increased agricultural production by the small holder farmers in the zone.

Armed with knowledge of the later, the Institute in 1982/83 initiated a series of upstream, scale-neutral research, aimed at the development of component technologies for removing some of those constraints. In order to shorten the period needed for the development, transfer and final adoption of new technologies by farmers, the Institute is currently collaborating with the Federal Agricultural Co-ordinating Unit and the International Institute of Agricultural Research (IITA) to conduct downstream research in the Imo State Accelerated Development Area Project (ISADAP) locations, using a combination of "Researcher" and "Farmer" managed trials.

Eighty (80) such trials were set up on 80 (eighty) farmers fields in Umuahia zone of ISADAP to test the practicability and farmer acceptance of the developed technologies.

Improved planting materials were obtained from relevant research institutes in Nigeria, and their respective optimum recommended planting densities were used. The yam and cassava were at 10,000 stands per hectare each, maize at 40,000, 'egusi' 20,000 cocoyam, 20,000, sweet potato, 33,000, groundnuts, 50,000 and ginger at 20,000.

In these trials emphasis was placed on development of easy-to-adopt row planting as a prelude to subsequently integrating other technologies with relative ease.

Table 1 : Distribution of Farmers by cropping systems in the Eastern
Agricultural Zone of Nigeria, 1982.

Cropping System	Re Frequencies and Percentage*				
	Anambra	Cross River	Imo	Rivers	Mean (%)
Mixed Cropping	89 (100.00)	77 (82.80)	93 (100.00)	64 (68.810)	87.90
Relay planting	9 (10.11)	22 (23.70)	15 (16.10)	2 (2.15)	13.02
Land Rotation	35 (39.35)	38 (40.40)	20 (21.50)	6 (6.45)	27.05
Inter-cropping	7 (7.87)	23 (24.70)	5 (5.38)	22 (23.65)	15.40
Continuous cropping	10 (11.24)	13 (14.00)	20 (21.50)	1 (1.07)	11.95
Inter-culture	4 (4.49)	0 (0.00)	5 (5.20)	1 (1.07)	2.68
Mono-cropping	39 (43.49)	0 (0.00)	10 (10.80)	11 (11.82)	16.53
N	89	85	96	93	

* Numbers in parentheses indicate percentages.

Relevant and promising technologies developed on-station are selected and tested on the farmers' fields and conditions. The on-farm trial results are subjected to farmers' assessments for acceptability through the use of questionnaires.

RESULTS AND DISCUSSION

Bench mark Survey

The findings of the benchmark survey are contained in a publication of the Ministry of Education, Science and Technology, Lagos (Unamma et al, in press). Relevant aspects of it are included in this paper.

(a) Cropping Systems of the Rural Communities

Of seven main cropping systems identified in the zone, mixed cropping was practised by 88 per cent of the farmers surveyed (Table 1). 100 per cent of the respondents in Anambra and Imo practised mixed cropping. Generally, 2 to over 5 crops are found in a mixture (tree crops are excluded here) and the common crop combinations observed during the survey are as shown on Table 2. The predominant crop combinations varied from state to state but the most prevalent consisted of yam (*Dioscorea rotundata*) - maize (*Zea mays*) - Cassava (*Manihot esculenta*) vegetables - 'egusi' (*Colocynthis citrullus*) combination practised by 33 per cent of the total number of respondents covered by the survey. Vegetables included spinach (*Amaranthus* spp), Fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*), okra (*Hibiscus esculentus*), tomato (*Lycopersicon esculentus*), pepper (*Piper nigrum*). The planting patterns for the various crop combinations were haphazard (without any definite row arrangement) and planting was generally done on mounds whose sizes varied with the soil type.

The planting arrangement allowed for 2,000 to 30,000 plant populations per hectare with the higher densities being achieved mainly by concentration of the plants per mound, leaving very wide margins (1m to 2.5 meters) between mounds or concentrations of the plants.

(b) Constraints to agricultural production

Table 3 shows some of the major constraints to increased agricultural production as cited by the rural farmers in Imo State. The majority (90 per cent), of the farmers in the area mentioned lack of capital as the major limiting factor to increased agricultural productivity. Lack or insufficiency of inputs such as planting materials (e.g. seed yams) fertilizers and pesticides were next (42 per cent) in importance among the constraints. Weed infestation (38 per cent) in addition to high cost of labour (25 per cent) were also cited by the farmers as major bottle-necks to increasing agricultural production.

Table 2 : Distribution of Farmers according to the Most Common Arable Crop-Mixtures in the Eastern Agricultural Zone of Nigeria, 1982.

Crops	Frequencies and Percentages*				
	Anambra	Cross River	Imo	Rivers	Mean (%)
1. Maize/Cassava/Egusi	2 (2.25)	10 (10.50)	0 (0.00)	32. (34.40)	4.00
2. Yam/maize/cassava/Veg/egusi	35 (39.30)	41 (43.20)	20 (20.83)	27 (29.03)	33.09
3. "/cocoyam/vegetable	0 (0.00)	28 (29.50)	0 (0.00)	7 (7.52)	9.26
4. Plantain/cocoyam	0 (0.00)	65 (68.40)	0 (0.00)	8 (8.60)	19.25
5. Banana/cocoyam	0 (0.00)	65 (68.40)	0 (0.00)	4 (4.30)	18.18
6. Yam/maize/vegetable	0 (0.00)	3 (3.16)	0 (0.00)	14 (15.05)	4.55
7. Cocoyam/maize	0 (0.00)	8 (8.42)	0 (0.00)	4 (4.30)	3.18
8. Cassava/maize/plantain	0 (0.00)	28 (29.40)	0 (0.00)	3 (3.22)	8.18
9. Plantain/pineapple	9 (0.00)	4 (4.21)	0 (0.00)	1 (1.07)	4.48
10. Cassava/sugarcane/pepper/plantain	0 (0.00)	3 (3.16)	0 (0.00)	5 (5.37)	2.13
11. Yam/cassava/cocoyam	0 (0.00)	10 (10.50)	0 (0.00)	1 (1.07)	2.89
12. Plantain/banana/cocoyam	0 (0.00)	19 (20.00)	0 (0.00)	9 (9.67)	7.42
13. Plantain/sugarcane	0 (0.00)	1 (1.05)	0 (0.00)	4 (4.30)	1.34
14. Yam/Cassava	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (1.07)	0.27
15. Cassava/cocoyam/vegetable	0 (0.00)	5 (5.26)	0 (0.00)	4 (4.30)	2.39
16. Yam/maize/cassava	21 (23.60)	0 (0.00)	14 (14.58)	0 (0.00)	9.55
17. Yam/maize/cassava/veg.	40 (44.90)	2 (2.11)	22 (27.92)	0 (0.00)	18.73
18. Yam/cassava/cocoyam/veg.	6 (6.74)	10 (10.50)	4 (4.17)	0 (0.00)	5.35
19. Maize/cassava/cocoyam	2 (2.25)	12 (12.60)	10 (10.42)	0 (0.00)	6.32
20. Yam/maize/cassava/cocoyam	10 (11.20)	10 (10.50)	3 (3.13)	0 (0.00)	6.21
21. Yam/vegetable	2 (2.25)	0 (0.00)	4 (4.17)	0 (0.00)	1.61
N	89	95	96	93	

* Numbers in parentheses represent percentages.

Table 3 : Distribution of Farmers according to their assessment of the constraints to agricultural production in the Eastern agricultural zone of Nigeria

Constraints	Frequencies and Percentages				
	Anambra	Cross River	Imo	Rivers	Mean (%)
Lack of Capital	81 (91.01)	92 (97.87)	86 (89.58)	84 (90.32)	92.20
High Labour Costs	42 (47.19)	0 (0.00)	34 (35.42)	15 (16.13)	24.46
Inadequate supply of inputs (fertilizers and pesticides)	28 (31.46)	54 (57.45)	33 (34.37)	42 (45.16)	42.20
Poor transport facilities/ac- cess roads	25 (28.09)	43 (45.74)	28 (29.17)	38 (40.86)	36.02
Weed infestation	31 (34.83)	45 (47.87)	62 (64.58)	3 (3.23)	37.90
Diseases/Pests	31 (34.83)	14 (14.89)	49 (51.04)	0 (0.00)	25.27
Ineffective Extension Services	15 (16.85)	1 (1.06)	14 (14.58)	4 (4.30)	9.14
Lack of Government support	2 (2.25)	0 (0.00)	0 (0.00)	21 (22.58)	6.18
Lack of ready markets	0 (0.00)	5 (5.32)	6 (6.25)	0 (0.00)	2.96
Poor storage facilities	0 (0.00)	4 (4.25)	6 (6.25)	10 (10.75)	5.38
Lack of improved implets	0 (0.00)	0 (0.00)	9 (9.37)	2 (2.15)	2.96
Poor medical facilities	0 (0.00)	9 (9.57)	0 (0.00)	0 (0.00)	2.41
N	89	94	96	93	

* Numbers in parentheses represent percentages.

Table 4 : Land Equivalent Ratios (LERs) obtained from Intercropping some crops usually grown in mixture by peasant farmers - Umudike

INTERCROPS	LER
Yam/maize	1.84
Yam/egusi	2.80
Cassava/maize/groundnuts	3.41
Cassava/maize	1.60
Cocoyam/Sweet potato/Maize	2.08
Sweet potato/Maize	1.71
Cocoyam/egusi	2.75
Ginger/egusi	1.59

1. From Annual Reports for 1982, 1983 and 1984 of the National Root Crops Research Institute, Umudike.
2. Based on sole component crop populations for both the mixture and sole crops.

Efficiency of Land Utilisation

In experiments designed to determine the optimum crop combinations that would enable the farmers obtain the same output as when sole cropping and still leave them with some substantial proportion of more land for other uses, a number of compatible and beneficial crop combinations were identified for confirmatory testing on-farm (Table 4). High Land Equivalent Ratios were obtained with the crop combinations.

Weed Management

Ninety-three major weed species commonly found in association with arable crops in the zone were identified and a manual was published to guide extension staff in problem weeds identifications (UNAMMA, 1982). Critical periods for weed removal in some of the crop mixtures have been identified. In cassava/maize the first 8 weeks after planting is

critical (UNAMA and ENE, 1984 ; in yam intercropped with maize the weeds should be kept away from the crop during the first 8 - 12 weeks from planting (NRCRI, 1984), in sweet potato/cocoyam/maize, the critical time for weed interference is first 28 days after planting (UNAMMA et al, in press), whereas in sweet potato/maize it is first w 28 to 56 days after planting (UNAMMA and EMEZIE, 1985).

As shown in Table 5 under Uzuakoli and Bende conditions, integrated use of egusi + alachlor was as good as the use of egusi plus pre-emergence application of chloramben, both methods being better than integrated use of egusi + fluometuron or the cultural control by use of only egusi at 40,000/ha. At Olokoro/Oboro, best yields were obtained with integrated use of egusi + fluometuron and egusi + alachlor. The poor performance of the treatments relative to the control under Bende and Uzusakoli conditions may have been due to the sandy nature of the soils.

In spite of the poor performance of the herbicides at Bende and Uzuakoli Blocks, the farmers response to herbicide use was generally favourable. Some of the reasons given for preference of herbicide were the alleviation of the dradgery of hand-weeding, lower labour costs and more time spared for relaxation for other farm operations.

Minisett technique for Accelerated Production of "Seed" yams

A minisett technique involving the use of 25 g yam sett sizes planted at 40,000 setts/ha for direct planting in the field instead of the normal 100 - 150 g sizes at 10,000/ha was evaluated on-farm. The result confirmed the practicability and economics of the technique under the farmers conditions (Table 6).

Weed management in intercrops on farmers fields

Results (Table 7) showed that it was practicale and beneficial to control weeds in yam/maize intercrop by relay intercropping high populations of 'egusi' (40,000 seeds/ha) with cowpea (40,000 seed/ha) at 8-10 weeks after planting yam/maize/'egusi' intercrop.

Impact of the Farming Systems Research Activities on the Rural Communities

A post-trial-harvest, single, interview survey of the farmers who participated in the on-farm tests showed that most of the farmers accepted the technologies tested (Table 8).

Table 5 : Crop Yields from Manual, Chemical and Integrated Weed
Management Technique in Umuahia ISADAP Area 1984

	* Crop Yields (t/ha) in the Blocks								
	B e n d e			Olokororo/Oboro			Uzuakoli		
	Yam	Maize	Egusi	Yam	Maize	Egusi	Yam	Maize	Egusi
1. Egusi + alachlor	15.6b	2.03b	0.14b	7.3b	4.75b	0.14b	5.0b	5.59a	1.60a
2. Egusi + chloramben	16.6b	3.33b	0.13ab	3.4c	1.95b	0.25a	4.3b	3.10b	0.45b
3. Egusi + fluometuron	10.6c	2.47ab	0.09ab	8.4a	6.30a	0.04c	4.0c	3.74b	0.45b
4. Hand-hoeing 3+8+12 w.a.p.	25.8a	4.23a	-	4.4c	5.52a	-	6.9a	6.05a	-
5. Egusi 40,000/ha	0.6d	2.97ab	0.26a	4.3c	4.33a	0.07d	1.0d	2.49b	0.46b

Means in the same column not followed by a common letter are significantly different at the 0.05 level by D.M.R.T.

* The values are means of 5 replications

Table 6 : Cost and Benefit of Seed yam production using Minisett
Technique under Farmers conditions, Umuahia ISADAP
Area 1984

Inputs Items	B e n d e		Olokoro/Oboro		Uzuakoli	
	Costs	*Returns (3.39t/ha)	Costs	*Returns (5.76 t/ha)	Costs	*Returns (4.61 t/ha)
	-----N/ha-----					
Labour	1418.56	-	1566.60	-	1446.24	-
Seed yams -(t/ha)	690.00	-	690.00	-	690.00	-
Fertilizer (15:15:15, NPK)	48.00	-	48.00	-	48.00	-
Stakes	400.00	-	400.00	-	400.00	-
Herbicides : Primextra + Paraquat	54.00 20.00	- -	54.00 20.00	- -	54.00 20.00	- -
Aldrex T.	10.00	-	10.00	-	10.00	-
Sprayer (CPI5): Depreciation 5 years	24.00	-	24.00	-	24.00	-
Drum (for water) Depreciation 5 years	8.00	-	8.00	-	8.00	-
Piassava heads (Twine)	300.00	-	300.00	-	300.00	-
Total	2972.50	3210.50	3120.60	5462.00	3000.24	4436.00
Net Benefit	-	247.94	-	2351.40	-	1445.76

*Means of 5 replications/location

Table 7 : Crop yields as affected by controlling weeds through relay intercropping egusi and cowpea in yam/maize intercrop - Umuahia Agric. zone 1984.

Weed Control Practice	Crop Yields													
	Bende						Olokoro/Oboro						Uzuakoli	
	Yam	Maize ¹	Egusi ²	Cow pea	Gross Marg. (GM) M/ha	Marg. Rate of Return (MMR)%	(Y)	(M)	(E)	(C) ³	(GM) E/ ₃ ha	MRR	(Y)	(M)
									(t/ha)			(%)	(t/ha)	(M)
Yam (Y) Maize (M)/Egusi (E) followed by 2 hand hoeings at 3+ 8 + w.a.p. local practice)	5.37	1.43	-	0.14	-	-	1.74	1.28	0.17	-	-	-	7.90	1.39
Yam/Maize/Egusi/40,000 seeds/ha followed by cowpea (c) 40,000 seeds/ha) 10 w.a.p.	7.12	1.54	-	0.23	-	-	3.66	1.73	0.38	-	-	-	11.51	2.31
Difference	1.8ns	0.2ns	-	0.09*	2250	1489	1.92*	0.45 ns	0.21ns	-	2667	795	3.62*	0.91**
Percent Improvement over local	33.5	7.7	-	64.3	-	-	110	35.2	124	-	-	-	45.8	65.5

1. Maize grain wt. at 14% Moisture content.

* t Test significant at 5% level

** " " " 1% level

2. Egusi had mainly vegetative growth

3. Unviable lot of cowpeas was mistakenly supplied from the store, the supply had lots of flower shortton leafing to insignificant yield.

Table 8 : Farmers response to introduced technologies
in their fields - Umuahia 1984

Technology	No. of Res- pondents	% of Farmers Ac- cepting technolo- gy
Minisett technique of seed yam production	60	100
Weed control by relay intercrop- ping high populations of egusi followed by cowpea in yam inter- cropped with maize	60	98.33

1. Questionnaire was administered to only the on-farm-trials participants.

The success of the on-farm trials have generated an awareness among the communities about the potentialities of the research findings from the Institute and many of the neighbouring communities who did not participate have requested that the trials be extended to their areas. The National Roots Crops Research Institute, Extension Research and Liaison Services Wing is currently overstretched with requests for and inquiries about improved materials and technologies.

From March to May, scope of the On-farm trials was expanded to include multi-location trials, in collaboration with the ISADAP and FACU. A team has been set up to monitor the overall influence of the On-farm trials on the rural Community after a 2-year period of interactions with the on-farm research teams.

ACKNOWLEDGEMENTS

IITA helped in training some of our Principal staff in farming systems research methodology ; while FACU is helping with facilitating the on-farm adaptive research activities by funding the execution of the projects. ISADAP is providing the Extension Specialists and supplying the necessary extension inputs.

Manual, chemical, cultural and integrated weed management methods involving the use of chemicals and a low growing crop for weed control in yam/maize intercrop developed upstream (UNAMMA et al, 1982) were evaluated on-farm at 3

different locations. BENDE, UZUAKOLI and OLOKORO all in Ikwuano/Umuahia Local Government Area of Imo State.

Their contributions of the support of the NRCI during the execution of this project are hereby gratefully acknowledged.

REFERENCES

1. ARIBISALA, T.S.B. 1982. Chairman's address delivered at the opening session of the training workshop on Farming Systems held at the Nigerian Institute for Oil Palm Research, Benin 30th July to 4th August, 1982. Benin City.
2. EZEH, N.O.A. 1961. NAFPP (National Accelerated Food Production Project) cassava/maize production recommendations. A Socio-economic survey of adopters in 4 States of Nigeria. A paper presented at the 3rd National Conference on Management Development in Nigeria 5th - 7th November, 1980 Port Harcourt Nigeria.
3. F.M.A.N.R.J.P.C. (The Federal Ministry of Agriculture and Nature Resources Joint Planning Committee, Lagos) 1974a. Agricultural Development in Nigeria. 1973 - 1985. tt8 558pp.
4. NRCRI (National Root Crops Research Institute) 1983 : 1982 Annual Report of the National Root Crops Research Institute, Umudike Nigeria.
5. NRCRI 1984 : 1983 Annual Report of the National Root Crops Research Institute, Umudike, Nigeria. 266 pp.
6. OKIGBO B.N. 1978. Cropping system and related research in Africa. Special Issue on the occasion of the 10th Anniversary of the Association for the advancement of agricultural Sciences in Africa (AAASA) 81 pp.
7. OKIGBO B.N. 1982. Farming System Research : An overview of its definition, concept and scope. Part 2. Introduction, presented at the Training Workshop on Farming Systems Research, organized by the Federal Ministry of Sci. & Techn. 30th July - 4th Aug. 1982. Benin City.
8. UNAMA, R.P.A. 1982. Your guide to identifying some arable land weeds of South Eastern Agricultural Zone of Nigeria. Extension Bulletin No. 1 Exten. Res. Lia. Serv. NRCRI, Umudike, Nigeria. 117 pp.
9. UNAMMA, R.P.A. T. ENYINNIA and G.C. ORKWOR 1982. Preliminary studies on integrated weed control in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) intercropped with maize (*Zea mays* L.) Paper presented at the 12th Ann. Conf. of the Nig. Soc. for Plant Prot. Benin. Nigeria. 7th - 10th Feb. 1982.

10. UNAMMA R.P.A. and ENE, L.S.O (1984). Weed interference in Cassava-maize intercrop in the rain forest of Nigeria. Tropical Root Crops : Production and uses in Africa. (Eds. E.R. Terry, E.V. Doku, O.B. Arene and N.M. Mahungh). Proceedings of Second Triennial Sym. of the Inter. Soc. for Trop. Root Crops - Africa Branch held in Douala, Cameroun, 14 - 19 Aug. 1983. pp. 59-62.
11. UNAMMA RAY P.A., ENYINNIA T. and EMEZIE J.F. (In press). Critical period of weed interference in cocoyam/maize/ sweet potato intercrop. Tropical Pest Management.
12. UNAMMA, RAY P.A., ENE, L.S.O., ODURUKWE, S.O. and ENYINNIA, T. (In press). Integrated weed management for Cassava Intercropped with maize. Weed Research.
13. UNAMMA, RAY P.A., OKEREKE, H.E., ENE L.S.O., OKOLI, O.O. and ODURUKWE, S.O. (In press). Farming systems in Nigeria : Report of a bench-mark survey of the Farming Systems of the Eastern Agricultural Zone of Nigeria. Ministry of Education Science and Technology, NRCRI, Umudike (In press).
14. UNAMMA, RAY P.A. and EMEZIE, J.F. (1985). Critical periods of Weed Interference in sweet potato intercropped with maize. Paper presented at the 15th Annual Conference of the Nigerian Society for Plant Protection. 3rd - 8th March, 1985. Umudike Nigeria.

SUR QUELQUES ASPECTS PHYSIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES DE LA TUBÉRISATION

(Upon tuberization : Some physiological and
Biochemical aspects)

C. MARTIN, M. PAYNOT et J. MARTIN-TANGUY
Station de Physiopathologie Végétale
INRA - DIJON

RESUME

Chez de nombreuses espèces végétales des organes de nature bien déterminée possèdent la propriété de tubériser. Après la mort de la plante, ces tubercules servent à la multiplication végétative de l'espèce. Ce mécanisme physiologique, comme la floraison, est reconnu dépendant de la photopériode, sensible aux hautes températures, induit par le feuillage et par greffe. Floraison et tubérisation doivent donc avoir des points communs biochimiques. Nous montrons que le feuillage de *Nicotiana sylvestris* (fleurissant en jours longs), greffé sur *Solanum* SDA (tubérisant en jours courts), induit la tubérisation du porte greffe, en jours longs. Le facteur de tubérisation est donc bien d'origine foliaire mais n'est spécifique ni de l'espèce ni même du genre végétal. Des travaux antérieurs, issues de nos laboratoires ont montré que la synthèse ou l'accumulation de phénolamides est étroitement liée à l'induction et l'expression florales. Il apparaît ici que ces composés sont présents chez *Solanum* SDA en grande quantité, dans les feuilles sous jours longs (période de floraison), dans les stolons sous jours courts (période de tubérisation).

SUMMARY

In various plant species, different determined organs can tuberize. These tubers can be used in vegetative reproduction of the plant. This physiological mechanism (such as flowering) is dependant on photoperiodism, sensitive to high temperatures and induced by leaves and grafting. We show that leaves from *Nicotiana sylvestris* (flowering under long days) grafted on *Solanum* SDA (tuberizing under short days) induce tuberization on the stock under long days. So, tuberization factor is neither specific of a specie nor a genus but really comes from the

leaves. Previous works from our group show that synthesis or accumulation of phenolamides are tightly linked to flowering induction and expression. Further works demonstrate here that these substances are present in *Solanum* SDA, at high level in leaves under long days (flowering period), in runners under short days (Tuberizing period).

Chez de nombreuses espèces végétales, des organes de nature bien déterminée (racine, tige, feuille) possèdent la propriété, à un moment donné du cycle végétatif de la plante, d'accumuler dans leurs parenchymes primaires ou secondaires, des substances de réserve, généralement glucidiques. Le stockage de ces substances, accompagné d'une hypertrophie radiale de l'organe affecté, caractérise la tubérisation. Après la mort de la plante, ces organes tubérisés deviendront des organes de conservation puis, après une période de dormance plus ou moins longue, ils serviront à la multiplication de l'espèce. Leurs bourgeons donneront alors naissance à de nouvelles plantes qui utiliseront les réserves accumulées antérieurement pour assurer leur première phase de croissance.

Ce mécanisme physiologique a déjà fait l'objet de nombreuses observations et études qui ont abouti très souvent à des conclusions cohérentes mais quelquefois aussi à des résultats contradictoires. Ainsi :

- 1) Ce phénomène est très souvent dépendant de la photopériode (1 à 4).
- 2) les hautes températures inhibent la tubérisation (5 à 7) de même qu'elles inhibent l'induction et l'expression florales (8).
- 3) Le facteur inducteur de la tubérisation est formé ou activé dans le feuillage (4-9).
- 4) Ce facteur est transmissible par la greffe (10 à 12).
- 5) Enfin, pour certain ce facteur est spécifique de l'espèce tubéreuse (13-14) ; pour d'autres, il ne l'est pas (12).

Nos recherches en biochimie de la différenciation et plus spécifiquement de la floraison (15 à 22) nous ont conduits à imaginer les expériences relatées ci-après. Il existe en effet de nombreuses analogies entre floraison et tubérisation : dépendance photopériodique, sensibilité au facteur température, transmissibilité d'un stimulus par la greffe, aspects qualitatifs mais aussi quantitatifs des deux phénomènes.

L'hypothèse à l'origine de ces expériences est la suivante : les diverses manifestations photopériodiques telles que la tubérisation, l'entrée en dormance ou la floraison doivent avoir des points en commun.

EXPERIENCES DE GREFFAGE

Notre premier objectif était de tenter d'obtenir, par l'intermédiaire de la greffe, la tubérisation en dyspériode d'une espèce, grâce au feuillage d'une autre espèce incapable de tubériser, mais fleurissant sous des conditions photopériodiques inhibant la tubérisation de la première espèce ; la réussite d'une telle expérience plaiderait très favorablement pour, sinon l'identité, du moins une grande similitude entre facteur(s) de floraison et facteur(s) de tubérisation.

Nous avons choisi deux genres très différents : la Pomme de Terre et la Tabac.

Pomme de Terre : deux espèces ont été retenues :

SDA : hybride F1 entre *Solanum tuberosum* et *Solanum demissum*. Cet hybride présente la particularité de fleurir sans tubériser en jours longs (16 h) et de tubériser sans fleurir en jours courts (10 h).

Solanum tuberosum var. Bintje. La tubérisation de cette espèce est très peu sensible à la photopériode.

Tabac : deux espèces ont également été retenues :

Nicotiana sylvestris : qui fleurit en jours longs de 16 h mais reste en rosette végétative en jours courts de 10 h.

Nicotiana tabacum var. Xanthi n.c. qui est une plante dite de jours longs préférante ; elle fleurit abondamment en 16 h, plus tardivement et beaucoup moins abondamment en 10 h.

Dans une première expérience, préliminaire, on greffe en fente sur des boutures de Pomme de Terre SDA et Bintje enracinées depuis 30 jours, des sommets végétatifs de *N. sylvestris* et également des sommets de SDA ou de Bintje comme témoins (pour éliminer un éventuel effet du greffage).

Dans la deuxième expérience, sur des boutures de Pomme de Terre SDA enracinées depuis 30 jours, on greffe des sommets végétatifs des deux espèces de *Nicotiana* et également des sommets de SDA qui servent de témoins.

Lorsque la soudure est réalisée, c'est-à-dire 12 jours après la greffe, on supprime toutes les feuilles des porte-greffes SDA ou Bintje et on sépare chacune des combi-

naisons en deux lots : l'un est placé en jours courts (10 h), l'autre en jours longs (16 h). On laisse les greffons de Tabacs ou de Pomme de terre se développer mais on veille attentivement à supprimer tout développement végétatif de l'espèce porte-greffe capable de tubériser. Les plantes sont élevées en salles climatisées (température 20 C 1 ; lumière 150 W.m , hygrométrie 70 pour cent).

La première expérience, préliminaire, comportait 8 à 12 combinaisons par lot. La seconde, réalisée uniquement avec SDA , comportait 20 combinaisons par lot. Les résultats ont été notés 120 jours après le greffage.

TABLEAU 1 : 1ère expérience, janvier à mai 1982

Greffon/ Porte-greffe	N. sylvestris/ SDA ₆	N. sylvestris/ Bintje	SDA ₆ / SDA ₆	Bintje/ Bintje
Jours longs (16 h)	+	+	+	+
Jours courts (10 h)	-	-	+	+

+, tubérisation ; -, absence de tubérisation.

TABLEAU 2 : 2e expérience, mai à septembre 1982

Greffon/porte-greffe	N. sylvestris/ SDA ₆	N. xanthi/ SDA ₆	SDA ₆ / SDA ₆
Nombre de tubercules sur 20 plantes			
en ;			
Jours longs (16 h)	110 (5,5 par plante)	357 (17,8 par plante)	0
Jours courts (10 h)	0	3 (sur 5 plantes différentes)	210 (10,5 per plante)

Il faut compléter ces résultats de la deuxième expérience par les observations suivantes :

- quand il y a tubérisation, elle commence vers le 45^e jour après la greffe ;

- les greffons de *N. sylvestris* ont fleuri en jours longs et non en jours courts ; ceux de *N. xanthi* ont fleuri dans les deux conditions mais avec les différences quantitatives ci-dessus évoquées.

Ces résultats conduisent aux conclusions et discussions suivantes :

1) Comme l'avait montré J.P. NITSCH dès 1966 (12), le stimulus conduisant à la tubérisation n'est pas spécifique mais nos résultats sont encore plus significatifs que ceux de cet auteur qui avait choisi deux espèces d'un même genre, l'*Hélianthus*, alors que nous avons combiné, par l'intermédiaire de la greffe, des espèces de genres très éloignés, le *Solanum* et le *Nicotiana*.

2) La tubérisation (de même que la floraison) est un phénomène quantitatif comme l'avaient démontré MADEC et PERENNEC (13) ; les chiffres du tableau 2 ci-dessus le témoignent.

3) Si le stimulus est de nature photopériodique, comme le conclut NITSCH (12), il peut cependant être déclenché, chez l'espèce capable de tubériser, par le matériel foliaire d'une espèce incapable de tubériser, soumis à des conditions photopériodiques qui ne permettent pas la production de tubercules par l'espèce tubéreuse. Là, si nos résultats ne sont pas contradictoires avec ceux de NITSCH, ils autorisent incontestablement à émettre des hypothèses plus audacieuses : grâce à des hétérogreffes NITSCH avait en effet obtenu la tubérisation en jours courts ; il n'avait pas obtenu de tubercules en jours longs.

Nous avons personnellement, avec un autre système biologique, obtenu la tubérisation en jours longs d'une espèce ne tubérisant qu'en jours courts et surtout nous n'avons pas obtenu de tubercules en jours courts (avec le *N. sylvestris* comme matériel foliaire).

On peut donc obtenir la dérégulation de gènes spécifiques d'espèces capables de tubériser dans les conditions photopériodiques incompatibles avec la tubérisation, grâce à du matériel foliaire d'une espèce et même d'un genre très éloigné incapable de tubériser.

Signalons que Chailakyan (23) a obtenu des résultats voisins avec d'autres variétés de Tabac et de Pomme de terre.

ETUDE DE QUELQUES ASPECTS BIOCHIMIQUES

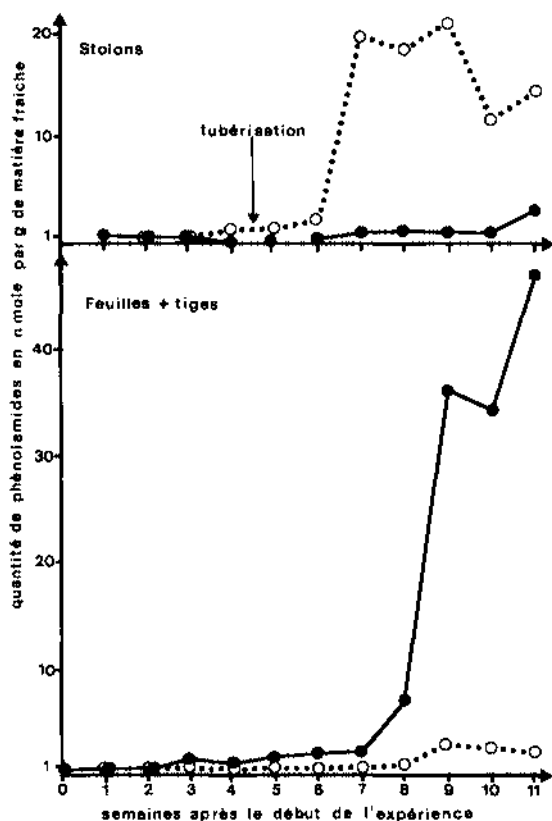
Nos recherches sur la biochimie de la floraison (15 à 22) ont révélé que la synthèse d'une nouvelle classe de molécules, les phénolamides, était étroitement liée à l'induction florale, c'est à dire aux mécanismes qui conduisent à la reproduction sexuée. Les phénolamides résultent de l'union par une liaison amide, d'un acide phénol et d'une amine ou d'une polyamine. Nous avons montré par ailleurs que ces molécules intervenaient en synergie avec les auxines et les cytokinines sur la multiplication et la différenciation cellulaire *in vitro* (24). Il était donc tentant d'étudier leur métabolisme en fonction de la tubérisation. En voici le résumé.

Des boutures apicales comprenant 4 à 5 feuilles sont prélevées sur des plants de SDA âgés de 3 semaines et cultivés en jours longs de 18 h. Elles sont mises à enraciner dans de la vermiculite humide arrosée régulièrement par une solution minérale nutritive. Dès que les racines commencent à apparaître, on ne laisse subsister que la plus jeune feuille insérée le plus près du bourgeon apical et le bourgeon situé à la base de la bouture. Toute les autres feuilles, les bourgeons qui se trouvent à leur aisselle et le bourgeon terminal sont supprimés. Chaque bouture est alors réduite à une très jeune feuille en voie de développement d'une surface foliaire de 2 à 3 cm² et d'un bourgeon enterré dont le stolon qui en proviendra sera placé dans un manchon de toile noire afin que toute sa croissance et son développement s'effectuent à l'obscurité. Ces boutures sont alors divisées en deux lots. L'un est placé en jours courts de 10 h, l'autre en jours longs de 16 h. Dès ce moment, toutes les semaines, les feuilles et les stolons tubérisés ou non de trois boutures par lot sont prélevés et leur teneur en phénolamides déterminée (25).

Dans les feuilles et les tiges des boutures cultivées en jours longs de 18 h, la présence de la férulyputrescine, la caféylputrescine et la para-coumarylputrescine a été observée. Ces trois substances se retrouvent aussi dans les stolons des boutures soumises à des jours courts de 12 h 30 avec en plus des traces de caféylspermidine.

L'évolution dans le temps de la teneur totale en phénolamides des stolons, des feuilles et des tiges est représentée par le graphique ci-contre.

Durant les 5 premières semaines suivant la mise en place de l'expérience, où la feuille réalise pratiquement toute sa croissance pour atteindre sa grandeur définitive avec une surface foliaire de l'ordre de 190 à 210 cm², la teneur totale en phénolamides reste faible dans les deux types d'organes prélevés quelle que soit la photopériode. C'est par la suite que, selon les conditions d'éclairement, vont apparaître de fortes différences.



Evolution de la teneur en phénolamides des stolons et des feuilles en fonction du temps et de la photopériode
Jours longs ●—● Jours courts ○...○

En jours courts, la teneur des phénolamides dans les stolons, faible au début de l'expérience, augmente rapidement. Cette augmentation se réalise au moment où les stolons, après une croissance d'une durée assez courte, arrêtent leur elongation pour différencier à leur extrémité un tubercule. Par contre, au niveau des feuilles, la teneur en phénolamides demeure très faible et stable.

En jours longs, la situation est différente. La quantité de phénolamides présente dans les feuilles augmente rapidement et très fortement, tandis qu'au niveau des stolons qui poursuivent leur elongation sans jamais tubériser jusqu'à la fin de l'expérience, elle demeure très faible. En fin d'expérience, les deux types de boutures se distinguent principalement par la longueur des stolons. En jours longs, les stolons sont très longs, non tubérisés, à croissance orthotrope ; en jours courts, ils sont courts, à croissance plagiotrope et portent un ou plusieurs tubercules.

DISCUSSION

Nous avons montré antérieurement que la synthèse ou l'accumulation de phénolamides était étroitement liée à l'induction et l'expression florales. Ils sont synthétisés dès l'induction florale et s'accumulent presque exclusivement dans les organes reproducteurs (ovaires et anthères). Mais ces molécules diffèrent qualitativement et quantitativement selon les familles, les genres et même les espèces (19). C'est l'analogie entre le métabolisme des phénolamides du Tabac et de la Pomme de terre qui nous a conduits à réaliser les premières expériences de greffes relatées ci-dessus puis à analyser leur métabolisme en fonction de la tubérisation.

La réponse photopériodique du clone de Pomme de terre SDA, suant à sa tubérisation, conduit à deux distributions différentes de ces composés. En effet, l'accumulation de phénolamides s'observe au niveau d'organes différents selon que la feuille perçoit une induction de jours courts, ou de jours longs. Dans le premier cas, elle se fait au niveau des stolons quand ceux-ci tubérisent et dans le deuxième cas au niveau des feuilles alors que les stolons poursuivent leur elongation sans tubériser. TIZIO et PAUPARDIN (25-26) ont montré que certains acides phénols accélèrent et amplifient la tubérisation de la Pomme de terre cultivée in vitro. Ces molécules n'existent pas à l'état libre chez les végétaux, mais nous avons montré que les acides caféique et ferulique fournis à des fragments de limbe de Tabac cultivés in vitro étaient rapidement (48 à 72 h) transformés en phénolamides correspondants (résultats non publiés).

Si le clone SDA exige pour tubériser que son feuillage soit exposé à des jours courts alors que les jours longs sont favorables à sa floraison, les expériences relatées ici montrent qu'il est possible d'obtenir sa tubérisation en jours longs (16 h) par le simple greffage d'un feuillage d'une espèce incapable de tubériser, le *Nicotiana sylvestris*, mais fleurissant en jours longs. Par contre, chez ces hétérogreffes, on n'obtient pas de tubercules en jours courts et le greffon ne fleurit pas et n'accumule pas de phénolamides.

Nos expériences révèlent donc que deux manifestations physiologiques photopériodiquement dépendantes, a priori aussi différentes que la tubérisation et la floraison, présentent en commun la biosynthèse de phénolamides et leur accumulation dans les organes correspondants. Mais elles posent un certain nombre de problèmes :

1) Quel est le rôle exact joué par de telles substances dans l'organogenèse des végétaux, en combinaison avec d'autres systèmes hormonaux (cytokinines et gibbérellines en particulier) ?

2) quelle est l'incidence de la photopériode sur leur site de synthèse et sur leur migration ?

En résumé, pourquoi les organes reproducteurs sexuels et les tubercules sont-ils des puits à phénolamides durant leur formation ?

BIBLIOGRAPHIE

- W.W. GARNER et H.A. ALLARD.- J. Agric. Res. 23, 1923, p. 871.
- M.A. TINCKER.- Ann. Bot., 39, 1925, p. 721.
- V. RASUMOV.- Bull. Appl. Bot., 27, 1931, p. 249.
- K.C. HAMNER et E.M. LONG.- Bot. Gaz, 101, 1939, p. 81.
- J. BUSHNELL.- Proc. Amer. Soc. Hortic. Sc., 20, 1923, p. 307.
- J.M. ARTHUR, J.D. GUTHRIE et J.M. NEWELL.- Amer. J. Bot., 17, 1930, p. 416.
- F.W. WENT.- Amer. J. Bot., 46, 1959, p. 277.
- C. MARTIN et M. GALLET.- Comptes Rendus, 262, séries D, 1966, p. 997.
- J.C. COURDURoux.- Ann. Sc. Nat. Bot., 8, 1967, p. 215.
- L. DANIEL.- Comptes Rendus, 177, 1923, p. 1449.
- L.E. GREGORY.- Amer. J. Bot., 43, 1956, p. 281.
- J.P. NITSCH.- Bull. Soc. Fr. Physiol. Vég., 12, 1966, p. 233.
- P. MADEC et P. PERENNEC.- Europ. Potato. J. 2, 1959, p. 22.
- U. OKAZAWA et H.W. CHAPMAN.- Physiol. Plant, 16, 1963, p. 623.
- J. MARTIN-TANGUY, C. MARTIN et M. GALLET.- Comptes Rendus, 276, série D, 1973, p. 1433.
- F. CABANNE, J. MARTIN-TANGUY, E. PERDRIZET, J.C. VALLEE, L. GRENET, J. PREVOST et C. MARTIN.- Comptes Rendus, 282, série D., 1976, p. 1959.
- J. MARTIN-TANGUY, C. MARTIN, M. GALLET et R. VERNON, Comptes Rendus, 282, série D, 1976, p. 2231.
- F. CABANNE, J. MARTIN-TANGUY et C. MARTIN.- Physiol. Vég., 15, 1977, p. 429.
- J. MARTIN-TANGUY, F. CABANNE, E. PERDRIZET et C. MARTIN.- Phytochemistry, 17, 1978, p. 1927.
- C. MARTIN et J. MARTIN-TANGUY.- Comptes Rendus, 293, série D, 1981, p. 249.

- F. CABANNE, M.A. DALEBROUX, J. MARTIN-TANGUY et C. MARTIN.-
Physiologia Plantarum, 53, 1981, p. 399.
- Y. JASSEY, Thèse de 3ème cycle, Université de Dijon, 26 juin
1980.
- M.KH. CHAILAKYAN, L.I. YANINA, A.G. DEVEDZHYAN et G.N. LOTOVA.-
Doklady Akademii Nauk S.S.S.R., 257, 1981, p. 1276.
- C. MARTIN, G. KUNESCH, J. MARTIN-TANGUY, J. NEGREL, M. PAYNOT
et M. CARRE.- Plant Cell Reports, 1985 (sous presse)
- C. PAUPARDIN et R. TIZIO.- Potato Res., 13, 1970, p. 187.
- R. TIZIO et C. PAUPARDIN.- Colloques Internationaux, C.N.R.S.,
193, 1971, p. 209.

MINERAL ABSORPTION FROM CAMEROONIAN DIETS

(L'absorption minérale à partir de régimes alimentaires camerounais)

Alice BELL (*) and Bo LONNERDAL (**)

(*) Research Officer
Nutrition Centre
P.O. Box 6163
YAOUNDE (CAMEROON)

(**) Department of nutrition
University of California
Davis, CA 95616

SUMMARY

Mineral absorption from diets based on taro (*Colocasia esculenta*), *Sorghum* spp.), yam (*Dioscorea dumetorum*) or plantain (*Musa paradisiaca*) and containing only 5 per cent of animal food from fish flour, was investigated with rats. These diets were compared to a balanced diet based on starch and casein. The control group showed significantly higher values of weight gain, of iron and zinc absorptions and of femur calcium and phosphorus concentrations than the experimental ones. The groups fed on taro, sorghum or yam based diets showed similar values of weight gain and mineral utilization. Its balance was negative for zinc and nul for iron during the second balance test period ; its liver zinc concentration was 20 per cent less than the control groups. It is concluded that such diets may not meet calcium requirement and that a such diet based on plantain may in addition be harmful to zinc and iron status, especially on a monotonous pattern of feeding and over a long period, which is the case of rural populations in the Centre and South of Cameroon.

RESUME

L'absorption minérale à partir de régimes alimentaires à base de taro, sorgho, igname ou banane plantain et contenant seulement 5 pour cent d'aliment animal a été étudiée sur des rats. Ces régimes ont été comparés à un régime équilibré à base d'amidon et de caséine.

Le groupe nourri avec le régime à base de plantain a montré un équilibre négatif pour le zinc et son équilibre pour le fer a diminué et est devenu nul pendant la seconde période de l'étude. Le groupe témoin a montré des concentrations de calcium et des phosphore dans le fémur plus élevées. Le groupe nourri avec le régime à base de

plantain a montré une concentration de zinc dans le foie 20 pour cent plus faible que le témoin. Il n'y a pas eu de différence significative pour la concentration en fer dans le foie entre les différents groupes.

On conclut que de tels régimes qui sont fréquents dans les zones rurales du Cameroun méridional peuvent ne pas satisfaire les besoins en calcium et qu'un tel régime à base de plantain peut être nocif quant aux taux de zinc et de fer et en particulier sur une longue période.

The diet of the population of the humid forest zone of Africa is generally poor in animal foods, especially in rural areas. Since minerals from vegetable foods are known to often be less bioavailable than those from animal foods (1,2) this may be of nutritional concern.

There is some information available about mineral contents of tropical foods, but data on bioavailability of minerals from tropical foods and diets are scanty. The ability of selected cereals (rice, wheat, millet, ragi, sorghum and maize) and pulses (soybean, cowgram dhal, redgram dhal and Bambara nut) to regenerate haemoglobin in the anemic rat has been reported to range between 17 per cent for ragi to 40 per cent for soybean, in terms of ingested iron utilised for haemoglobin synthesis (3,4). It has been observed that the addition of waxy and nonwaxy sorghum to wheat and bean mixed protein diets for human adults did not affect calcium and phosphorus balances (5). Mineral bioavailability from diets based on tropical root crops has been even less studied. Cassava starch has been reported not to be extremely inferior to rice and corn starch in regard to the effect on protein, calcium, magnesium, iron and copper balances (6). When comparing the effect of various tubers (cassava, taro and sweet potato), under a low protein dietary level, on protein, calcium, phosphorus and magnesium utilization, the lowest utilization of minerals was observed with taro root (7).

The present study was undertaken to determine mineral absorption from diets of cameroonian rural populations from which animal foods provide in average less than 5 per cent of the total energy. Another goal was to compare diets based on different staple foods commonly consumed in Cameroon such as tubers (taro and yam) and starchy fruits (plantain) eaten in the south forest zone ; or cereals (sorghum) eaten in the north savannah zone. The contribution of the staple food to mineral supplies may be important since it represents the main factor of the Cameroonian diet and provides 60 to 85 per cent of the total energy of the diet.

MATERIALS AND METHODS

Diets. The composition of the diets is shown in Table 1. The 4 experimental diets differ only by the staple

food used. The staple foods studied are among the most commonly consumed in Cameroon : Taro (*Colocasia esculenta*, var. C 11 with white flesh tubers) in diet TA ; (*Sorghum* spp.) in diet SO ; yam (*Dioscorea dumetorum* Ex. *Jakiri*) in diet YA ; and plantain (*Musa paradisiaca*) in diet PL. They were prepared by usual cooking procedures in Cameroon, then they were vacuum dried at 60°C and ground into flour, using an electric grinder, before mixing with their respective diets. Taro and yam tubers were boiled unpeeled, then peeled and sliced before drying and grinding. Plantain was boiled after peeling. Sorghum flour was obtained by traditional processing ; the grains were washed with tap water, pounded in a mortar in way to separate the envelopes from the grains, washed a second time then sun dried and ground into flour with an electric grinder ; then the flour was sifted. Before mixing to the diet, the flour was boiled, vacuum dried and ground. Each staple food was mixed with the common ingredients of sauce as it is shown in Table 1. Peanut butter obtained after grilling and peeling of the grains ; smoked fish flour ; red palm oil ; green leaves (*Corchorus olitorius*) sun dried and pounded ; and table salt (*Selcam*).

The experimental diets are compared to a balanced control diet (diet C) of similar energy content and which meets the protein, mineral and vitamin requirements of the rat.

Just before serving the different diets, 3 per cent agar in boiling water was added to each to prevent spoiling by the rats.

Animals : Sprague - Dawley male weanling rats (57 g mean body weight, 25 days old) were used (n = 25). Animals were fed stock diet during 1 week adaptation and then randomly distributed into 4 experimental groups and 1 control group. They were housed individually in stainless metabolic cages in a temperature (22 - 23°C) and light (12 hrs light/dark cycle) controlled room. A one-week adaptation period to their respective diets was allowed.

Two consecutive 10 - days balance test periods were then conducted. Throughout the balance periods, urine and feces of each rat were collected daily. During the entire feeding period, the animals were fed *ad libitum* and food consumption and body weight were measured every two days. Deionized water was given *ad libitum*. The balances of calcium, iron and zinc were determined. After 35 days on their respective diets, the rats were killed. Serum, liver, kidneys and left femur were collected for mineral analysis.

Analyses : Diets were analysed for energy, using an adiabatic bomb calorimeter (PARR n° 1242) ; for proteins by the micro-kjeldahl method (kjeltex auto 1030 analyzer tector, Herndon, VA) ; the factor of conversion of total nitrogen to proteins was 6.25. Diets were also analysed for amino acid composition, minerals and phytate. Calcium,

TABLE 1

COMPOSITION OF THE DIETS (g/kg)

<u>Control diet (C)</u>		<u>Experimental diets</u>	
- Corn starch	701	- Staple food, dried	700
- Casein	118	Taro (Diet TA)	
- CL-Methionine	6	Sorghum (Diet SO)	
- Corn oil	50	Yam (Diet YA)	
- -cellulose	50	Plantain (Diet PL)	
- Vitamin mix, complete ⁽¹⁾	15	- Peanut butter	100
- Mineral mix, complete ⁽²⁾	60	- Fish flour, smoked	50
- Agar (added after mixing the diet)	30	- Red palm oil	45
		- Green leaves (Corchorus olitorious), dried	95
		- Table salt (Selcam)	10
		- Agar (added after mixing the diet)	30

(1) Contained in g/kg mix : Biotin, 0.0125 ; folic acid, 0.03 ; Rovimix AD₃ - 325/325, 0.23 ; p. aminobenzoic acid, 0.5 ; riboflavin, 0.5 ; menadione, 1.25 ; nicotinic acid, 1.5 ; pyridoxine hydrochloride, 1.5 ; thiamine hydrochloride, 1.5 ; Vit. B₁₂ with mannitol, 1.5 ; Rovimix A-250, 2.73 ; calcium pantothenate, 2.5 ; ascorbic acid, 5.0 ; Rovimix E.50 %, 11.9 ; inositol, 25.0 ; choline chloride, 50.0 ; glucose monohydrate (Cerelease), 895.0.

(2) Contained in g/kg mix : CaDO₃, 340 ; Mg SO₄, 97 ; CaHPO₄, 60 ; K₂HPO₄, 321 ; NaCe, 168 ; C_rK (SO₄)₂ 12H₂O, 0.40 ; MnSO₄ H₂O, 2.56 ; KI, 0.20 ; Z_nCO₃, 3.20 ; FeSO₄ 7H₂O, 10.0 ; CuSO₄ 5H₂O, 0.33.

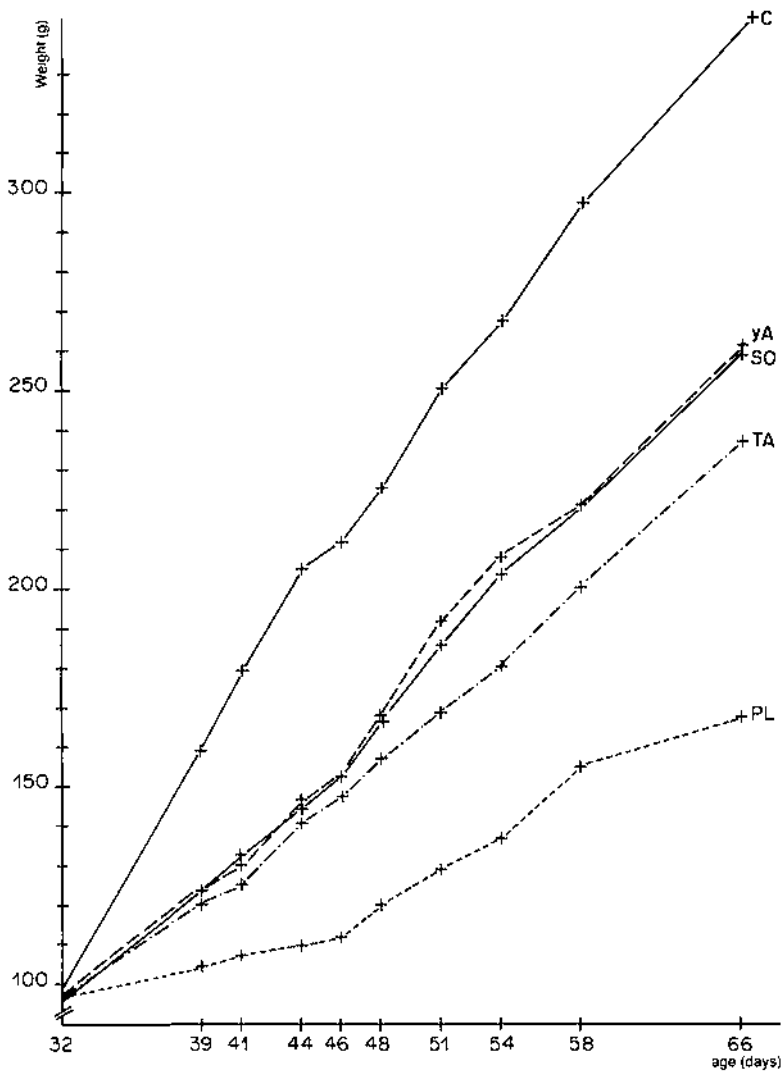


Fig.1 : Growth response to diets

magnesium, iron, zinc and copper were determined by flame atomic absorption spectrophotometry (Instrumentation laboratory aa/ae spectrophotometer 157, Wilmington, Mass.) after wet ashing with the nitric acid (8). Phosphate was determined by the colorimetric method of EIBL and LANDS (9), using a Varian Cary 219 spectrophotometer (Varian, TX). Phytate phosphorus on diets was determined by the colorimetric method of DAVIES and REID (10) ; the conversion factor of phytate phosphorus to phytate was 3.55. Data were statistically analysed by analysis of variance. Differences between the experimental diets were determined using the FISHER LSD test ($p < 0.05$), (11).

RESULTS

Nutrient contents of the diets are shown in Table 2 and 3.

All the 4 experimental diets are low in calcium. The phosphorus contents are also relatively low, except for diet TA. Phytate phosphorus, expressed as a percentage of total phosphorus, is higher in diets SO and TA and in a less extent, in diet PL. This last result reflects the higher contribution of phytate phosphorus from peanut to total phosphorus. Iron contents are lower in the experimental diets compared to the control except for diet YA. But diets TA and SO are still above 120 ppm which is considered adequate for rats. The high iron content of diet YA is probably due to high contamination with soil, water, peel and cooking utensils used during the boiling of the unpeeled yam tubers. All diets are adequate in magnesium compared to the control. Zinc contents are high in diets TA, SO and YA compared to the control. High Zn content is probably due to preparation procedures (boiling of unpeeled tubers and sun drying). Besides calcium and iron, diet PL is also low in zinc and copper, compared to the control, so is diet SO for copper.

The protein contents of the experimental diets appear adequate except for the diet PL which is low in protein. However, Table 3 shows a deficit in lysine for all experimental diets except diet YA, and probably in sulfur amino acids for all 4 experimental diets although we lack data on cysteine contents.

Weight gain, food efficiency and nitrogen efficiency were significantly higher for the control group than the other groups (Table 4). Group PL showed the lowest values ; its average weight gain was 4 times less than the control during the first balance test period ; during the second period, it tended to catch up and its weight was half of the control group.

It was noticed that diets based on tubers like taro or *Dioscorea dumetorum* (this specie of yam is higher in proteins, minerals and vitamins than other common yam species) showed

TABLE 2

NUTRIENTS CONTENTS OF THE DIETS (per 100 g DM)

Diet	Energy Kcal	Tot. Proteins g	Ca mg	Mg mg	Fe mg	Zn mg	Cu mg	Tot. P mg	Phytate mg	$\frac{P}{P_t} \times 100$
C	444	12,5	913	88	38,9	1,780	842	846	-	-
TA	472	14,1	521	164	16,0	3,420	729	681	1,269	52
SD	487	15,4	288	129	17,7	2,410	332	384	1,093	80
YA	478	14,7	321	111	46,7	1,800	549	382	493	36
PL	484	11,0	275	110	9,0	930	321	224	380	47

TABLE 3

AMINO ACIDS OF THE EXPERIMENTAL DIETS (g/100 g DW)

	C	TA	SO	YA	PL
Alanine	0.27	0.63	1.06	1.08	0.50
Arginine	0.37	0.91	0.76	1.45	0.60
Aspartic acid	0.67	1.44	1.21	2.18	0.96
Cysteine	0.04				
Glutamic acid	2.18	1.70	2.74	2.75	1.34
Glycine	0.19	0.62	0.59	0.95	0.50
Histidine	0.27	0.24	0.31	0.41	0.26
Isoleucine	0.50	0.45	0.57	0.77	0.35
Leucine	0.91	0.89	1.55	1.50	0.62
Lysine	0.77	0.59	0.62	1.21	0.51
Methionine	0.59	0.16	0.20	0.26	0.14
Phenylalanine	0.51	0.60	0.71	0.88	0.40
Proline	1.22	0.50	0.93	0.74	0.36
Serine	0.56	0.56	0.59	0.88	0.35
Threonine	0.38	0.43	0.48	0.76	0.31
Tryptophane	0.12				
Tyrosine	0.55	0.44	0.47	0.69	0.28
Valine	0.59	0.63	0.76	1.03	0.44

TABLE 4
AVERAGE FOOD INTAKE, WEIGHTGAIN,
FOOD EFFICIENCY AND NITROGEN EFFICIENCY DURING
THE BALANCE TEST PERIOD I

Diet	Food intake g DW/day	Weight gain g/day	Food efficiency	Nitrogen efficiency
C	21.9 $\pm$ 1.0	7.4 $\pm$ 1.4 ^c	0.34 $\pm$ 0.00 ^c	2.70 $\pm$ 0.44 ^c
TA	18.5 $\pm$ 4.7	3.9 $\pm$ 1.7 ^b	0.20 $\pm$ 0.04 ^b	1.42 $\pm$ 0.31 ^{ab}
SO	18.1 $\pm$ 1.3	4.7 $\pm$ 0.8 ^b	0.26 $\pm$ 0.04 ^b	1.69 $\pm$ 0.23 ^b
YA	18.5 $\pm$ 1.9	4.8 $\pm$ 0.5 ^b	0.26 $\pm$ 0.03 ^b	1.77 $\pm$ 0.20 ^b
PL	13.1 $\pm$ 3.2	1.7 $\pm$ 1.4 ^a	0.11 $\pm$ 0.07 ^a	1.01 $\pm$ 0.68 ^a

Values are mean $\pm$ SEM (n = 5)

Numbers within a column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

NB. The results of the balance test period II being not different as a rule from the results of the balance test period I, only this one has been reproduced. An exception is for PL were the values doubles more or less, but for food intake. (Edit. Note)

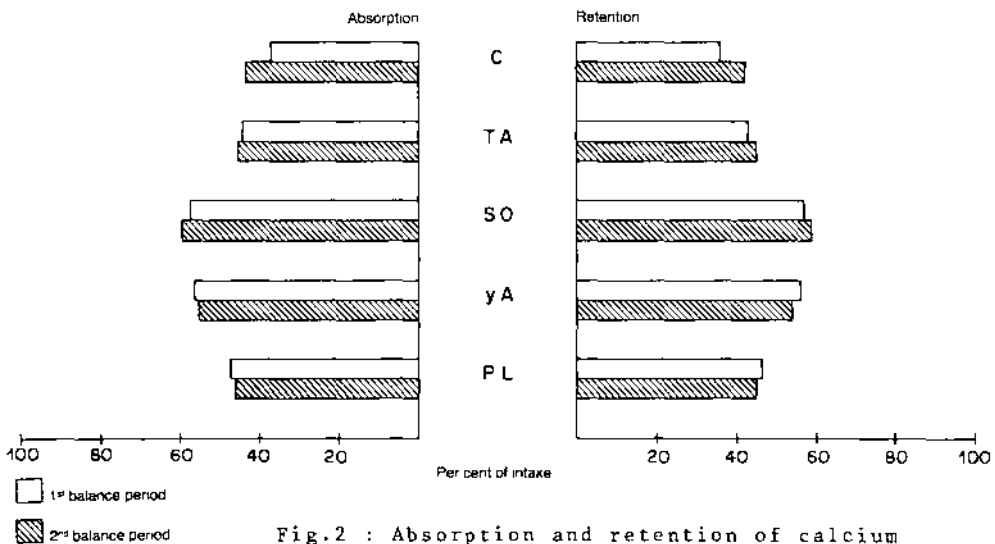


Fig.2 : Absorption and retention of calcium
with the experimental diets

values as high as a cereal-based diet with sorghum. These 2 tubers are in fact similar to cereals in terms of protein contents. 7.3 and 8.3 per cent of the dried product compared to 8.9 per cent for sorghum flour. But the taro, yam and plantain fed groups showed significantly higher weight of caecum, compared to the control and SO groups ; both with and without contents for group TA and only with contents for groups YA and PL (Table 5). SUZUKI et al (7) made the same observation with taro root compared to cassava and sweet potato.

Balance studies

Calcium balance was positive for all groups during the two balance test periods (Fig. 2). The retention of calcium was 36, 43, 57, 56 and 46 per cent of the intake for groups C, TA, SO, YA and PL respectively during the first balance test period. The values were respectively 43, 45, 59, 55 and 45 during the second balance test period. Diets SO and YA which showed the highest values were among the poorest in calcium but with high protein contents. Since the urinary output of calcium was very small (C;1 to 1 per cent of the intake), calcium retention was a linear function of absorbed calcium. Such observations have been previously reported (12, 13). No differences were observed between the first and the second balance periods.

Iron balance. Iron retention was relatively low : 16, 10, 10, 11 and 19 per cent of the intake for diets C, TA, SO, YA and PL respectively during the first balance test period (Fig. 3). During the second balance test period, the values were 12, 7, 12, 9 and 0 per cent respectively. Experimental groups were not different from the group fed the control diet which contained 70 per cent of starch and 12 per cent of casein, except for group PL. This last group showed great differences between the first and the second balance test periods. Its iron retention, similar to the control during the first period, decreased and was nul during the second period. Iron retention also was a linear function of absorbed iron since the urinary output of iron was very small (0 to 1 per cent of the intake). Although iron content was higher in diet YA, absorption and retention were not increased in this group (11 and 9 per cent during the first and the second balance test periods, respectively) compared to the control group (17 and 12 per cent respectively).

Zinc balance. Zinc retention was 34, 11, 26 and 24 per cent of the intake for groups C, TA, SO and YA respectively during the first balance test period (Fig 4). During the second balance test period, the values were 31, 14, 20 and 8 per cent respectively. Zinc balance was negative in group PL during the two balance test periods (-11 and -13 per cent respectively). Zinc retention also was a linear function of absorbed zinc since the urinary output of zinc was small (0,4 to 3 per cent of the intake).

TABLE 5

THE MEAN WEIGHT OF FECES, STOMACH AND CAECUM

Diet	Fecal wet weight g/day		Stomach g		Caecum g	
	I	II	A	B	A	B
C	2.7 ^a	3.6 ^a	3.5	1.8 ^c	4.2 ^a	0.90 ^a
TA	6.0 ^a	7.2 ^c	5.4	1.4 ^b	6.5 ^b	1.4 ^b
SO	3.7 ^{ab}	4.8 ^{ab}	5.4	1.3 ^{at}	3.8 ^a	0.80 ^a
YA	5.0 ^{bc}	5.9 ^{bc}	5.7	1.4 ^b	6.0 ^b	1.2 ^{ab}
PL	3.1 ^a	3.7 ^a	2.9	0.99 ^e	5.9 ^b	0.95 ^{ab}
			NS			

A= including the contents

B= canal only

Values are mean $\pm$ SEM (n = 5)(NB : $\pm$ SEM have not been reproduced, from editorial. constraints Ed. Note).

Numbers within a column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

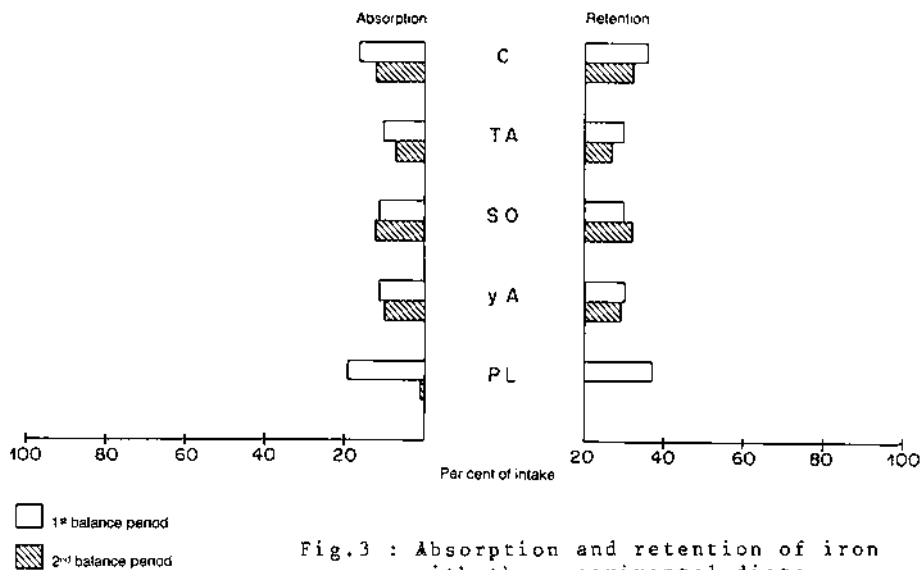


Fig.3 : Absorption and retention of iron with the experimental diets

TABLE 6

EFFECT OF DIET ON LIVER WEIGHT, IRON, ZINC AND COPPER CONCENTRATIONS

Diet	WW g	$\frac{WW \times 100}{BW}$	Fe mg/g WW	Zn mg/g WW	Cu mg/g WW
C	16.6	4.8 ^b	100.9 ^a	19.7 ^b	3.5
TA	9.7	4.0 ^a	91.0 ^a	22.9 ^c	5.8
SO	10.5	4.0 ^a	103.1 ^a	20.6 ^{bc}	3.2
YA	10.2	3.8 ^a	131.3 ^a	21.2 ^{bc}	4.4
PL	6.8	4.0 ^a	93.9 ^a	15.6 ^a	3.7
					NS

Values are mean $\pm$ SEM (n = 5) (see Table 5 Ed. Note)

Numbers within a column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

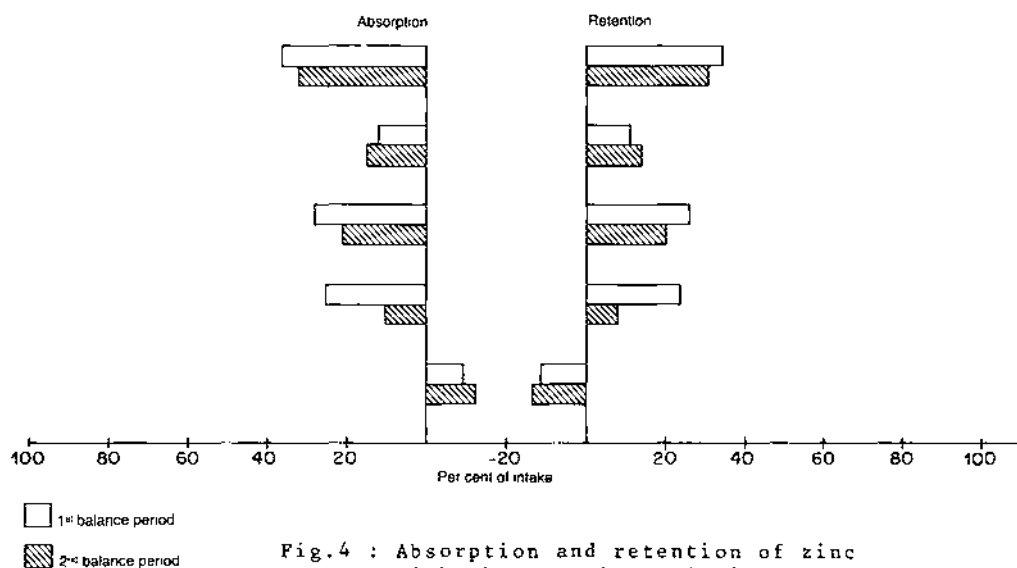


Fig.4 : Absorption and retention of zinc with the experimental diets

Mineral concentrations of tissues

Liver. The difference of liver weight, expressed as a percentage of body weight, between the control group and the 4 experimental groups was small (17 per cent) but significant (Table 6). Liver iron concentration did not differ significantly between the control and the experimental groups, except for group YA which was higher.

All experimental groups showed liver zinc concentrations comparable to the control group, except the group PL which was 20 per cent lower ($p < 0.05$).

The liver copper concentrations did not show significant differences between the groups.

Kidney. Kidney calcium concentration was higher in the control group (7 to 10 per cent) compared to the experimental groups (Table 7). Kidney zinc concentrations showed only small differences. There were no significant differences in kidney phosphorus and copper concentrations between the 5 groups.

Serum calcium. Experimental groups SO and PL showed lower values than the control group.

Femur. Femur calcium and phosphorus concentrations were higher in the control group than the other groups (Table 9) group PL showed the lowest values (14 and 17 per cent less than the control group for calcium and phosphorus respectively). This group also showed the lowest femur zinc concentration but the difference from the control group was small (3 per cent).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Growth and its effects. All 4 experimental groups showed a significantly lower growth rate than the control group. The consequence was smaller tissue weights and lower total mineral contents in tissues for all minerals and tissues studied, except liver copper content of groups TA and YA. Except for femur calcium and phosphorus concentrations, the difference in tissue mineral concentrations were not important between groups TA, SO, YA and the control group. For animals fed on diet PL, the lowest in minerals and proteins, the reductions of tissue mineral concentrations were dramatic:

20 per cent less than the control group for liver zinc concentration; 20 per cent less for serum calcium; 18 per cent less for kidney calcium concentration; 14 per cent less for femur calcium concentration and 17 per cent less for femur phosphorus concentration. It appears that under a marginal diet, the animal first decreases its growth and keeps the more possible its tissues quality. In the present study, the animals have been fed on their respective diets for 35 days only. It would be of interest to observe what would happen over a long period.

TABLE 7

EFFECT OF DIET ON KIDNEY WEIGHT, CALCIUM, PHOSPHORUS,
ZINC AND COPPER CONCENTRATIONS

Diet	WW, g	$\frac{WW}{BW} \times 100$	Ca mg/g WW	P mg/g WW	Zn mg/g WW	Cu mg/g WW
C	2.86	0.83 ^{bc}	48.8 ^b	2.223	18.5 ^a	4.4
TA	1.97	0.83 ^{bc}	41.4 ^a	2.548	20.6 ^{bc}	3.7
SO	1.92	0.74 ^a	38.5 ^a	2.497	20.7 ^c	3.6
YA	2.06	0.79 ^{ab}	40.6 ^a	2.082	18.9 ^{ab}	3.4
PL	1.48	0.89 ^c	39.9 ^a	2.711	20.8 ^c	3.9
						NS

Values are mean $\pm$ SEM (n = 5) (See Edit. Note, table 5)

Numbers within a column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

TABLE 8

EFFECT OF DIET ON SERUM CALCIUM

Diet	Serum Ca mg/g
C	109.2 $\pm$ 7.9 ^c
TA	103.0 $\pm$ 3.4 ^{bc}
SO	95.8 $\pm$ 8.4 ^{ab}
YA	103.8 $\pm$ 3.6 ^{bc}
PL	87.4 $\pm$ 1.8 ^a

Values are mean $\pm$ SEM (n = 5)

Numbers within the column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

TABLE 9

EFFECT OF DIET ON FEMUR, WEIGHT, CALCIUM, PHOSPHORUS
AND ZINC CONCENTRATIONS

Diet	Dry Weight g	Ca mg/g DW	P mg/g DW	Zn mg/g DW
C	0.51	205.3 ^b	114.3 ^c	178.8 ^b
TA	0.38	182.3 ^a	105.1 ^b	202.8 ^b
SO	0.35	184.4 ^a	105.4 ^b	185.0 ^c
YA	0.39	179.7 ^a	105.8 ^b	182.5 ^{bc}
PL	0.28	175.6 ^a	94.8 ^a	172.8 ^a
NS				

Values are mean $\pm$ SEM (n = 5) (See Table 5 Ed. Note)

Numbers within a column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

Calcium bioavailability from Cameroonian diets and calcium status. although the calcium balance was positive for all groups, the 4 experimental groups showed femur calcium and phosphorus concentrations lower than the control group. The groups fed on diets SO and PL, the lowest in calcium, had lower serum calcium levels. In reality, calcium consumption appear to be low in Cameroon. For infants in Yaounde aged 6 to 24 months, it has been reported to be only half of the recommended dietary allowances (14). Similar observations were made on young children (6 - 10 years old) and pregnant women in the same town (15-16). But this was not associated with clinical signs of calcium deficiency. Adequate protein and vitamin D supplies in those urban populations may enhance dietary calcium utilization. For rural populations of Cameroon, animal proteins consumption is lower and the adaptation of those rural populations to a low calcium diet need to be studied.

Iron bioavailability from Cameroonian diets and iron status. Low iron absorption was observed from these diets (0 to 16 per cent supplying in average 0 to 3 mg per day to adults). HALLBERG et al. (17,18) also reported low iron absorption from Southeast Asian diets composed of rice, cooked vegetables and spices (0.8 mg per day). Liver iron concentration was higher in group YA compared to the control group.

This may be explained by a difference in liver weight (16.6 g and 10.2 wet weight, respectively for groups C and YA) rather than by a difference in iron bioavailability (12 and 9 per cent, respectively) since total liver iron content was lower in group YA in spite of high iron content of this diet. It appears that at this level of iron absorption there may not be problem for such diets based on sorghum or yam that approach nutritionally balanced diet. Diet TA with relatively low iron retention (7 per cent) may be insufficient for weaning infants (9 - 12 months old) when the quantity of food eaten is small, since breast milk is poor in iron. In these conditions, diet TA is unable to provide 1 mg of iron per day necessary at that age. The situation is worst with diet PL which could not sustain a positive iron balance during the second period of the study. This may be a result of the higher metabolic rate in the animals which had greater growth rate during the second period than the first. It has already been noticed also that mineral balances are more likely to fluctuate when levels of intake are marginal (19). A such diet like PL is usually consumed by rural populations of the Centre and South Cameroon in a monotonous pattern of feeding;

fortunately, these populations often consume a lot of groundnut. In Yaounde Iron consumption has been reported to be only 35, 52 and 72 per cent of the recommended dietary allowances in infants aged 6, 9 and 14 months respectively (14). Iron supplies are adequate only after weaning is over (14, 15). A national survey (20) indicated that 44,7 per cent of Cameroonian infants aged 6-59 months are anemic. There is little difference between the different regions. Before 2 years, poor iron consumption, malaria, and parasitism may explain this situation. After 2 years, the frequency of malaria and parasitism may explain this situation. After 2 years, the frequency of malaria and parasitism may be a factor more important than poor nutrition. KOMBOU et al. (15) reported low iron consumption during the second half of pregnancy also and relatively high incidence of anemia.

Zinc bioavailability from cameroonian diets and zinc status. Although the retention of zinc was in general less in the experimental groups compared to the control (Fig. 3 and 4), total absorbed zinc from diets TA and SO were not different from the control diet as these diets are rich enough in zinc. Absorbed zinc is lower for diet YA and the situation is quite dramatic for the group fed on diet PL who showed a negative balance for zinc and a decreased liver zinc concentration. Endogenous losses and the low protein content of the diet may explain this result. Information about zinc nutrition of Cameroonian populations is still inexistant. But, it may be poor among rural populations of the Centre and South whose diet is monotonous and largely based on plantain.

In the present study, diets SO and YA were almost equal in regard to mineral absorption. Diet TA showed also close values with the former ones. Diet PL showed the lowest values of mineral utilization ; it was also the poorest in

minerals and proteins. Besides the mineral content, the protein content of the diet is of importance. Improvement of mineral utilization from Cameroonian diets by the dietary protein need to be studied. It has already been observed that low protein diets reduced absorption of iron (21,22) and zinc (23) and that meat, fish and cysteine enhance iron utilization (24,25 and 26). As animal foods are not largely available in rural areas of Cameroon where prevails an economy of subsistence, the results obtained with diets SO and YA suggest a possibility of improvement even with vegetable foods. It appears that the first practical way of preventing mineral disorders is to vary enough the diet, including the staple food which contribution is important in Cameroonian diet.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Dr. C. KEEN, Mr M. CLEGG and Mr C. GLAZIER for many valuable suggestions and information. Our most grateful thanks to Mrs P. MORGAN who kindly informed us and helped us. We wish also to thank Mr M. FOYET and Mr A. AGUEGUA who provided us with tubers of *C. esculenta* and *D. dometorum* grown in the IRA centre at Njombe, and Mr B. WALKLEY who kindly helped us to carry them.

REFERENCES

- LAYRISSE M., COOK J. D., ROCHE M., KUHN I. N., WALDER R.B. and FINCH C.A. Food iron absorption : A comparison of vegetable and animal foods. Blood, 33: 430 (1969).
- O'DELL B.L. Effect of dietary components upon zinc availability. Am. J. Clin. Nutr., 22: 1315 (1969).
- SNEHALATHA N. and P.R. REDDY. Studies on the bioavailability of iron from selected cereals and pulses in iron - deficient rats. Nutr. Repts. Int., 17: 43-49 (1978).
- IFON E.T. Bioavailability to rats of the iron contents in selected cereals and pulse. Nutr. Repts. Int., 24 25-30 (1981)
- OBIZOBA I.C. Comparative evaluation of nitrogen, mineral and vitamin utilization of human adults fed mixed protein diets supplemented with waxy and nonwaxy sorghum. Nutr. Repts. Int., 22: 529-538 (1980).
- SUZUKI K., Y. KANKE and S. GOTO. Effects of starches on protein and mineral utilization. Nutr. Repts. Int., 23: 645-652 (1981).

The editor apologizes for simplification of some author Tables and suppression of graphs, due to editorial constraints. All informations related to tables and graphs are however maintained in the text.

- SUZUKI K. Y. KANKE, S. GOTO and N. KONDO. The effect of root crops on nitrogen, calcium, phosphorus and magnesium utilization. Nutr. Repts. Int., 27: 213-220 (1983).
- CLEGG M.S., C. KEEN, B. LONNERDAL and L.S. HURLEY. Influence of ashing techniques on the analysis of trace elements in animal tissue. J. wet ashing. Biological Trace Element Research, 3: 107-115 (1981).
- EIBL H. and W.E.M. LANDS. A new, sensitive determination of phosphate Analyt. Chem., 30: 51-57 (1969).
- DAVIES N.T. and H. REID. An evaluation of the phytate, zinc, copper, iron and manganese contents of and zinc availability from, soya-based textured - vegetable - protein meat substitutes or meat extenders. Br. J. Nutr., 41: 579-589 (1979).
- SNEDECOR G.W. and W.G. COCHRAN. Statistical methods. Iowa State University Press, Ames, Iowa (1978).
- SPENCER H., L. KRAMER, D. OSIS and C. NORUUS. Effect of high protein (meat) intake on calcium metabolism in man. Am. J. Clin. Nutr. 31: 2167-2180 (1978).
- PORTELA M.L., S. ZENI, N. PIAZZA, M. GARCIA and M.E RIO. Calcium balance in infants recovering from undernutrition and dietary calcium- protein ratio. Nutr. Repts. Int., 28: 1091-1099 (1983).
- BELL A., M.T. NGO NDOMBOL and M.T. KAYA. Etude longitudinale sur les régimes alimentaires et l'état nutritionnel des jeunes enfants de Yaoundé à l'âge de 6-24 mois. Rapp. Min. Santé publique. (1978).
- KOMBOU M.N. and A. JOSEPH. apports alimentaires en protéines et minéraux chez les enfants de 6 à 10 ans en milieu urbain (Yaoundé). Rev. Sci. et Tech., n° 1-2: 93-102 (1982).
- KOMBOU M.N., O. PONDJI NJIKI and A. JOSEPH. Apports alimentaires et minéraux des femmes enceintes en milieu urbain (Yaoundé). A paraître.
- HALLBERG L., L. GARBY, R. SUWANIK and E. BJORN- RASMUSSEN. Iron absorption from Southeast Asian diets. Am J. Clin. Nutr., 27: 826 (1974).
- HALLBERG L., E. BJORN-RASMUSSEN, L. ROSSANDER and R. SUWANIK. Iron absorption from Southeast Asian diets. II - Role of various factors that might explain low absorption. Am. J. Clin. Nutr., 30: 539-548 (1977).
- KELSAY J.L. and E.S. PRATHER. Mineral balances of human subjects consuming spinach in a low-fiber diet and in a diet containing fruits and vegetables. Am. J. Clin. Nutr., 38: 12-19 (1983).

- REPUBLIQUE UNIE DU CAMEROUN. Enquête nationale sur la nutrition. GRUC, UCLA, USAID (1978).
- CONRAD M.E., A.L. FOY, H.L. WILLIAMS and W.H. KNOSPE. Effect of starvation and protein depletion on ferrokinetics and iron absorption. Amer. J. Physiol., 213: 557-565 (1967).
- HIGGINSON H., H. GRADY and C. HUNTLEY. The effects of different diets on iron absorption. Lab. Invest., 12: 1260-1269 (1963).
- VAN CAMPEN D, and W.A. HOUSE. effect of a low protein diet on retention of an oral dose of 65 Zn and on tissue concentrations of zinc, iron and copper in rats. The J. Nutr., 104: 84-90 (1974).
- LAYRISSE M., C. MARTINEZ-TORRES, J.D. COOK and C.A. FINCH. Iron fortification of food : its measurement by extrinsic tag method. Blood : 41: 333-352 (1973).
- MARTINEZ-TORRES. C. and M. LAYRISSE. Effect of amino acids on iron absorption from a staple vegetable food. Blood: 35: 669-682 (1970).
- MARTINEZ-TORRES. C., E. ROMANO and M. LAYRISSE. Effect of cysteine on iron absorption in man. Am. J. Clin. Nutr. 34: 322-327 (1981).

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
Publications scientifiques et littéraires
06002 GAP — Tél. 92 51 35 23
Dépôt légal 207 ... Avril 1988

INRA Publications, Rte de St Cyr, 78000 Versailles
Dépôt légal : 2^{ème} trimestre 1988
ISBN : 2-7380-0029-0



