PN-ABD-468

la patate douce

ACTES DU PREMIER SYMPOSIUM INTERNATIONAL

ASIAN VEGETABLE RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER 1971

AGENCE DE COOPERATION CULTURELLE ET TECHNIQUE

CTA

PN-ABD-468

Agence de coopération culturelle et technique

L'Agence de Coopération Culturelle et Technique, organisation intergouvernementale créée par le Traité de Niamey en mars 1970, rassemble des pays liés par l'usage commun de la langue française à des fins de coopération dans les domaines de l'éducation, de la culture, des sciences et de la technologie, et plus généralement, dans tout ce qui concourt au développement de ses Etats membres et au rapprochement des peuples.

Les activités de l'Agence dans les domaines de la coopération scientifique et technique au service du développement sont orientées essentiellement vers l'élaboration, la diffusion et l'échange de l'information scientifique et technique, l'inventaire et la valorisation des ressources natuelles, et la promotion socio-économique des jeunes et des communautés rurales.

Pays membres : Belgique - Bénin - Burundi - Canada - République Centrafricaine - Comores - Congo - Côte d'Ivoire - Djibouti - Dominique - France - Gabon - Guinée - Haïti - Burkina-Faso - Liban - Luxembourg - Mali - Ile Maurice - Monaco - Niger - Rwanda - Sénégal - Seychelles - Tchad - Togo - Tunisie - Vanuatu - Vietnam - Zaïre.

Etats associés : Cameroun - Egypte - Guinée-Bissau - Laos - Maroc - Mauritanie - Sainte-Lucie.

Gouvernements participants : Canada Nouveau - Brunswick - Canada - Québec.

Le Centre technique de coopération agricole et rurale (C.T.A.)

Le C.T.A. est installé depuis 1983 à Ede-Wageningen aux Pays-Bas au titre de la seconde Convention ACP-CEE de Lomé entre les états membres de la Communauté Européenne et les états d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP).

Le Centre technique pour la coopération agricole et rurale est à la disposition des états ACP pour leur permettre un meilleur accès à l'information, à la recherche, à la formation ainsi qu'aux innovations dans les secteurs du développement agricole et rural et de la vulgarisation.

Siège : « De Rietkampen », Galvanistraat 9, Ede, Pays-Bas
Adresse postale : Postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas
Téléphone : (08380) - 20484
Ligne internationale : 31 - 8380 - 20484
Télex : 30169 CTA NL

la patate douce

ACTES DU PREMIER SYMPOSIUM INTERNATIONAL

Traduit de l'anglais par Monsieur SAPIN
Révisé par Mademoiselle GRANGE

Les opinions exprimées ainsi que les orthographes des noms propres et les limites territoriales figurant dans le présent ouvrage n'engagent que les auteurs et nullement la position officielle et la responsabilité de l'ACCT et du CTA

© ACCT et CTA pour la version française
ISBN 92 9028 098 0 et 92 9081 100 5
Version originale « Sweet potato » édité par Ruben L. Villareal et T.D. Griggs, AVRDC
Les frais de traduction de l'ouvrage ont été pris en charge par le CTA.

PRÉFACE

Depuis la création du Centre de Recherche et de Développement sur les légumes en Asie (AVRDC - Asian Vegetable Research and Development Center) la patate douce a été l'une des principales productions que les experts de l'AVRDC ont cherché à améliorer au bénéfice des agriculteurs des plaines tropicales et subtropicales. Aujourd'hui les cultivars de patates douces de l'AVRDC ont été inscrits au catalogue par les gouvernements du Bangladesh, de France (pour Tahiti) et des Philippines ; leurs performances sont en effet meilleures que celles des variétés locales.

Une des multiples facettes du travail de l'AVRDC pour la patate douce a été d'élever à un niveau international l'échange d'information entre scientifiques. Bien que les travaux réunis dans ce livre soient publiés depuis 1982 dans une édition anglaise, ce recueil n'en reste pas moins la seule source d'information scientifique sur la patate douce.

La sortie de cette édition française a été possible grâce à une coopération étroite avec l'AVRDC, le Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA) et l'Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACCT).

Le CTA développe un important programme de diffusion de l'information agricole vers les Etats du groupe ACP (66 pays d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique). Comme la patate douce est une production importante pour un bon nombre de ces pays, le CTA a accepté de prendre en charge la traduction et la révision en français de cet ouvrage, puis en a assuré, avec l'ACCT, la publication.

L'ACCT a toujours accordé dans ses programmes de coopération, une priorité importante à la mise en forme et à la diffusion de l'information scientifique et technique, tant entre spécialistes que vers les utilisateurs pour assurer à la fois la promotion de la recherche et la valorisation de ses acquis. L'ACCT est convaincue que ce genre d'information fait partie intégrante du dialogue des cultures et représente un facteur clé du développement.

Le Secrétaire Général de l'ACCT	Le Directeur Général de l'AVRDC	Le Directeur du CTA
M. Paul OKUMBA D'OKWATSEGUE	M. J.A. MARLOWE	M. D.A. MBA

VUE D'ENSEMBLE DU COLLOQUE

La patate douce a joué un rôle historique important dans la quête de l'homme pour sa subsistance et dans son combat pour la survie. Elle a été adoptée en tant que culture de base dans bon nombre de pays, comme la Papouasie-Nouvelle Guinée et certaines parties des Philippines. A Taïwan, elle constitue une culture de base depuis longtemps.

La consommation quotidienne de patatde douce féculière fournit suffisamment de vitamine A pour éviter les maladies debilitantes causées par une carence en cette vitamine. L'absorption de seulement 13 g jour environ des variétés dessert, qui sont toujours plus riches en vitamine A, suffit à couvrir les besoins de l'organisme humain.

Les variétés à chair orange sont utilisées pour le dessert, cuites au four, bouillies ou en conserve, et se sont fait une place dans l'industrie et le commerce des conserves.

Ce ne sont pas seulement les racines qui sont riches en éléments nutritifs. Les tendres pousses de la patate douce constituent une source importante de fibres végétales et d'aliments en Papouasie-Nouvelle Guinée et aux Philippines. Des études faites à Taïwan ont montré que leurs extrémités contiennent une quantité d'éléments nutritifs équivalente à celle fournie par la viande de bœuf ou de porc.

La patate douce est aussi largement utilisée pour l'alimentation des animaux. Dans les milieux les moins évolués, les racines cuites par le fermier, sont données aux animaux. En présence d'une technologie plus élaborée, les racines sont préparées en chips qui sont plus nourrissantes que les rations à base de maïs pour les porcs ou à base de soja pour le bétail.

La patate douce est une des plantes les plus productives au monde avec une productivité à l'unité de surface supérieure à celle du riz et avec une valeur alimentaire plus élevée. De plus, sa culture requiert peu d'intrants. La patate douce est cultivable en conditions semi-arides étant donné ses faibles besoins en eau et en fertilisants. On obtient fréquemment des rendements en patate douce acceptables grâce à la fumure résiduelle provenant d'une culture de riz précédente. Compte tenu de sa grande valeur nutritionnelle, de sa productivité élevée et de ses faibles besoins en intrants, la patate douce est une composante très utile des jardins potagers. Dans les zones tropicales et sub-tropicales la patate douce peut se cultiver toute l'année, ce qui est un important atout pour les familles à revenu modeste. Elle s'intègre facilement à beaucoup de systèmes culturaux, cultures dérobées ou intercalaires, et entre en rotation avec de nombreuses cultures. Elle prospère à l'ombre de plantes arborescentes.

Si l'on envisage l'avenir, il sera un jour possible de sélectionner une patate douce à haute teneur en protéine. Les lignées de patate douce titrent actuellement de 0,5 % à 23 % de protéine, pourcentages sur poids secs.

La patate douce se prête parfaitement à de petites industries artisanales de transformation. Des confiseries, des petits gâteaux secs, des pâtes peuvent être confectionnés par une seule personne qui, en les commercialisant à un coin de rue, bénéficie d'une rapide rentrée d'argent. L'étape suivante est logiquement la distribution et la vente de ces produits artisanaux dans des régions voisines. Cela a été le cas à Taïwan. La patate douce se prête aussi à des technologies plus complexes : production de desserts en conserve, transformation en amidon, distillation en butinol ou éthanol, les sous-produits constituant une source de protéine pour les animaux. D'autres productions obtenues à partir de la patate douce, comme le carotène, la pectine et une sorte de tempeh, présentent un intérêt commercial dans certaines régions du monde.

Des travaux de recherche en matière génétique et d'amélioration de plantes sont menés dans plusieurs parties du monde : en plusieurs régions des Etats-Unis, au Centre Asiatique de Recherche et de Développement sur les Plantes Maraîchères (AVRDC) à Taiwan, en Afrique du Nord, de l'Ouest et du Sud. Il conviendrait de tout mettre en œuvre pour que les ressources génétiques soient centralisées et d'accès facile aux projets nationaux d'amélioration, de façon à ce que ceux-ci n'aient pas à se soucier des problèmes de collection.

Des prospections devraient être effectuées en Amérique Centrale et du Sud, berceau d'origine de la patate douce, en vue d'accroître la variabilité encore limitée de la collection mondiale.

L'un des problèmes rencontrés lors de l'échange de matériel génétique est celui de la transmission de certaines maladies, d'autant plus que la patate douce est propagée par voie asexuée. Les insectes et les maladies s'attaquant à la patate douce ne sont pas omniprésents, et il faut veiller tout particulièrement à ne distribuer que du matériel génétique indemne de germes pathogènes. L'utilisation de cultures de tissus et de méristèmes comme mode de création et de diffusion de boutures comportant un faible risque de transmission de maladie, devrait se généraliser.

La sélection des plantes est confrontée aux problèmes de stérilité et d'incompatibilité. Heureusement, certains sélectionneurs ont fait de nets progrès en parvenant à éclaircir certains de ces mécanismes. La sélection de variétés à haute teneur en protéine pourrait se montrer efficace compte tenu des teneurs élevées en protéine de certaines lignées. Dans certains pays, l'amélioration des types vivriers, dessert et pour l'alimentation animale rendrait un réel service.

Un problème important, souvent ignoré, est la rapidité avec laquelle une variété perd ses qualités. Le fait de pouvoir prélever des propagules dans une culture et de les replanter ensuite a été considéré comme un avantage, cette façon de procéder épargnant l'achat de lots de semences de haute qualité. Toutefois, cette méthode peut présenter le sérieux désavantage de propager du matériel inférieur, non conforme et peu productif. Il apparaît très nécessaire que des organismes responsables se chargent de fournir aux planteurs un matériel de multiplication de haute qualité et des semences de base ou certifiées, en vue de préserver la qualité élevée du matériel génétique et de maintenir un haut niveau de productivité.

Sélectionner des variétés résistantes aux maladies et aux insectes est particulièrement important pour les pays en développement, où le prix des produits phytopharmaceutiques est souvent prohibitif. La recherche sur la résistance au charançon a commencé il y a 40 ans, mais le manque de matériel suffisamment résistant au charançon a compliqué la tâche des chercheurs et ralenti les progrès dans ce domaine.

Toutefois, il existe des variétés sensiblement plus résistantes que d'autres, et, compte tenu de la gravité du problème, la recherche pour une meilleure résistance au charançon doit être poursuivie. Les conditions plus ou moins rigoureuses de l'environnement régissent probablement l'instabilité et la variabilité de la résistance au niveau des différentes parties de la plante. Ces fluctuations imprévisibles imposent l'emploi de méthodes hautement perfectionnées pour la détermination du niveau de résistance et de sa fiabilité. La mise au point de méthodes de plus en plus fiables serait d'une grande utilité.

La création d'une patate douce à port érigé intrigue semble prometteuse : en effet, certains essais de tuteurage des tiges ont entraîné un doublement du rendement. D'autres essais ont montré que le foreur est moins fréquent lorsque le port est dressé que lorsqu'il est rampant.

Faisant suite à la longue histoire de la reproduction végétative de la pomme de terre, les travaux de recherche ont démontré l'intérêt considérable de la production à partir de graines. Cette approche a-t-elle été sérieusement envisagée en ce qui concerne la patate douce ?

Les physiologistes semblent avoir fait des progrès substantiels dans la connaissance des mécanismes qui contrôlent le stockage des photosynthétats dans les racines, et l'identification

des facteurs qui induisent ces phénomènes. De même, des recherches ont été menées sur les processus physiologiques qui sont ébranlés par les maladies virales et leurs vecteurs. A l'avenir, les acquis de cette recherche devraient permettre la manipulation des composantes de l'environnement en vue d'améliorer le potentiel productif et d'élever les rendements.

L'utilisation de résidus de paille de riz comme source d'éléments nutritifs pour la patate douce a permis d'obtenir des gains substantiels en termes de rendement. L'usage rationnel des résidus de récolte et de composts, riches en éléments nutritifs, est d'une importance capitale.

L'utilisation d'engrais chimiques n'est déjà plus possible dans certains pays en développement parce qu'ils coûtent trop cher, et l'escalade des prix de l'énergie fera encore monter les coûts à l'avenir.

Cet état de chose pèse de tout son poids sur la production maraîchère en général et sur celle de la patate douce en particulier, cette production ne pouvant atteindre son niveau optimum. Les problèmes concernant la commercialisation sont généralement variables suivant les situations. Les contraintes peuvent se situer au niveau des coûts de production trop élevés, des transports trop onéreux, des moyens de communication et de transport inadéquats, d'un emballage irrationnel ou d'une structure de marché mal organisée. Pour le développement d'une culture, les incitations économiques proposées au producteur sont de prime importance.

D'autres facteurs peuvent empêcher que la patate douce soit acceptée en tant que produit alimentaire important. Il peut s'agir d'un manque de savoir-faire dans la préparation et la cuisson, ou d'habitudes alimentaires qui excluent la patate douce. De tels problèmes, qu'ils soient techniques, économiques, sociaux ou historiques, doivent être traités cas par cas. Les sociologues peuvent apporter une contribution importante dans ce domaine en encourageant la consommation de légumes en général et de patate douce en particulier.

Un effort de recherche considérable a été consenti en matière de technologie de stockage et de conservation pour la patate douce et ses produits. Il importe de dégager et de promouvoir une technologie appropriée dans chaque cas bien précis. Dans certains pays en développement, par exemple, des séchoirs solaires simples pourraient être utilisés en saison sèche. Les expérimentations sur le stockage en vrac ont montré qu'il était possible de conserver des patates douces pendant 5 à 6 mois, même dans des conditions sub-tropicales.

Une technologie très complète existe en ce qui concerne la production, le conditionnement et le développement de produits nouveaux à base de patate douce. Toutefois, le transfert de cette technologie dans les pays en développement se heurte au manque de personnel qualifié et compétent des services de vulgarisation. Trop souvent, la structure de base d'une vulgarisation rationnelle est absente. Même dans le cas contraire, la recherche et la vulgarisation sont, la plupart du temps, dépourvues de coordination. La recherche est primordiale, mais s'il n'y pas moyen d'en transmettre les acquis aux utilisateurs d'une manière intelligible, l'impact de la technologie nouvelle est pratiquement perdu.

Un paquet technologique important est d'ores et déjà disponible et applicable aux différents niveaux de développement. Nous avons besoin d'économistes, d'anthropologues, de sociologues, de nutritionnistes, d'enseignants et de vulgarisateurs pour recenser et diffuser les techniques aux zones concernées. Il faut pouvoir répondre aux questions posées au sujet du choix du matériel à cultiver, des méthodes culturales, des techniques de préparation et de cuisson, du conditionnement, du séchage et de la conservation.

Les plantes maraîchères en général et particulièrement la patate douce ne devraient que rarement se développer indépendamment des cultures vivrières de base, leur production respective devant se compléter. Les rotations culturales et les systèmes intégrés de production agricole ont

été redécouverts de nombreuses fois durant l'histoire de l'humanité. Dans le monde occidental, l'importance des rotations fut reconnue dès le xème siècle en Europe. Elle fut négligée à certaines périodes, redécouverte aux Etats-Unis dans les années 1930 et laissée de côté une fois de plus jusqu'à la dernière décennie. Même si la production agricole par unité de surface permet de se rapprocher des besoins exigés par une population mondiale croissante, il faudra toujours mettre l'accent sur les rotations culturales et la production agricole intégrée.

Les rotations culturales, les cultures associées, les cultures intercalaires et les cultures relais présentent beaucoup d'avantages. En voici quelques uns :

- production nutritionnelle maximum par unité de surface,
- aliments d'une plus grande qualité nutritionnelle,
- rentabilisation optimum du travail (donner aux gens et du travail et à manger),
- meilleure utilisation des résidus de récolte et du compost pour la nutrition des plantes (et donc économie d'engrais).
- amélioration de la fertilité du sol et de la productivité des cultures,
- meilleure conservation des sols, érosion hyrique réduite et plus grande stabilité du sol,
- meilleure qualité de vie.

Trop souvent, les pays en développement mettent l'accent sur la production de produits vivriers de base uniquement pour remplir les ventres, sans se préoccuper de l'équilibre des régimes alimentaires, avec pour conséquence le développement des maladies de la malnutrition. Dès qu'une production vivrière atteint un volume satisfaisant, on procède généralement, quelques années plus tard, au lancement d'un programme introduisant des légumineuses et des plantes maraîchères dans la rotation. Cette façon de procéder est inefficace, crée souvent des oppositions, impose une rééducation coûteuse et n'aboutit pas avant des dizaines d'années. Tous ces inconvénients peuvent être évités en adoptant, d'entrée de jeu, un système cultural intégré.

La cooperation entre les organisations de recherches nationales et internationales travaillant sur la patate douce devrait s'accroître en regroupant les ressources des projets analogues, de façon à en faire bénéficier la technologie, l'améliorer et la mettre en pratique.

Je suis convaincu que ce Colloque International sur la Patate Douce a amélioré le niveau des connaissances de base et de la prise en considération de la patate douce et de son importance. Il prépare le prochain pas de géant du développement de la technologie.

En attendant, nous devons faire de notre mieux pour répandre ces précieuses informations dans l'intérêt de l'agriculteur et de ceux qu'il doit nourrir. Il a un besoin urgent de notre aide.

Dr. G.W. SELLEK
Directeur (A.V.R.D.C.)

SOMMAIRE

VUE D'ENSEMBLE DU COLLOQUE

SÉANCE I 9

1. La patate douce sous les tropiques - Progrès et problèmes 11
   (R.L. Villareal)
2. La patate douce dans une perspective historique 25
   D.E. Yen
3. La patate douce : aliment complémentaire 39
   T.H. Yang
4. La valeur nutritive de la patate douce 45
   P.C. Huang
5. La réticence à la consommation de patate douce 47
   S.C.S. Tsou et *R.L. Villareal*
6. La patate douce en Papouasie-Nouvelle Guinée 55
   R.M. Bourke
7. La patate douce et son impact potentiel au Libéria 69
   M.A. As-Saqui
8. La situation de la culture de la patate douce en Afrique Orientale 73
   R.K. Jana

Discussion générale (Séance I) 83

SÉANCE II 87

9. La tubérisation chez la patate douce *(Ipomoea batatas* (L) Lam) 89
   L.A. Wilson
10. Les modes d'assimilation du carbone des patates douces en formation avec utilisation de 11C et de 14C. 105
    L.K. Chva, J.D. Goeschl, S.J. Kays, C.E. Magnuson et Y. Fares
11. Les caractéristiques de la production de matières séches et du rendement chez la patate douce dans les conditions de culture en champ 129
    W. Agata
12. L'activité photosynthétique et la résistance à la diffusion de l'anhydride carbonique, facteurs de production des plants de patate douce 139
    Y. Hozyo

13. Les hydrates de carbone de la patate douce 145
J.K. Palmer

Discussion générale (Séance II) 151

SÉANCE III 155

14. La recherche de sources de résistance au charançon de la patate douce 157
N.S. Talekar

15. L'élimination du charançon de la patate douce. *Cylas formicarius elegantulus*, par application foliaire d'insecticides 167
V.H. Waddill

16. Les maladies virales de la patate douce *(Ipomoea batatas)* et leur élimination 171
E.R. Terry

17. Les maladies virales de la patate douce et la culture de méristème comme moyen de lutte à Taïwan 179
R.J. Chiu, C.H. Liao et M.L. Chung

18. Le traitement des maladies post-récolte des patates douces 189
James W. Moyer

Discussion générale (Séance III) 199

SÉANCE IV 203

19. La recherche sur la production de patates douces à partir de fragments de racines 205
J.C. Bouwkamp

20. Les facteurs physiques affectant le rendement en racines de la patate douce *(Ipomoea batatas* (L) Lam) 217
A. Sajapongse et *Y.C. Roan*

21. L'époque et la fréquence de la cueillette des pousses de patate douce à différents niveaux de fumure azotée 223
P.U. Bartolini

22. La mécanisation de la production de la patate douce 231
L.G. Wilson et *C.F. Abrams, Jr.*

23. Les systèmes culturaux incluant la patate douce à Taïwan 243
H. Wan

24. Le comportement des variétés de patate douce cultivées sous cocotiers 251
D.L. Zara, S.E. Cuevas et *J.T. Carlos, Jr.*

25. Les cultures intercalaires avec la patate douce *(Ipomoea batatas)* en Amérique Centrale 261
R.A. Moreno

Discussion générale (Séance IV) 273

SÉANCE V 279

26. L'évolution de l'autohexaploïdie de la patate douce 281
I. Nishiyama

27. L'analyse de l'incompatibilité et de la stérilité chez la patate douce 293
F.W. Martin

28. L'évolution de la patate douce en Afrique du Sud 301
J.T. Meynhardt et *T.G. Joubert*

29. Le comportement du matériel génétique exotique de patate douce au Bangladesh 307
M.M. Rashid, A.A. Mazumdar et *S. Molla*

30. La sélection des patates douces pour la consommation humaine 313
H. Wang

31. Les pousses de patate douce utilisées comme légumes 327
R.L. Villareal, S.C. Tsou, H.F. Lo et *S.C. Chiu*

32. La sélection de la patate douce pour la résistance aux maladies 337
H.L. Hammett, T.P. Hernandez, W.J. Martin et *C.A. Clark*

33. La sélection de la patate douce pour la résistance au charançon 347
S.K. Hahn et *Leuschner*

34. Progrès de la sélection de la patate douce pour les résistances aux insectes du sol du complexe WDS 355
A. Jones, J.M. Schalk et *P.D. Dukes*

35. Sélection pour augmenter la teneur en protéine des patates douces 363
L. Li

36. Potentialités pour une meilleure valeur nutritionnelle de la patate douce 373
W.W. Collins, W.M. Walter, Jr.

Discussion générale (Séance V) 383

SESSION VI 389

37. Le conditionnement de la patate douce et l'utilisation de ses sous-produits dans les pays tropicaux 391
F.G. Winarno

38. L'utilisation des patates douces pour l'alimentation animale et pour l'industrie: potentialités et problèmes 403
T.P. Yeh

39. La production commerciale de farine et de produits alimentaires à partir des patates douces 411
J.M. Taylor

40. La conservation, la commercialisation et l'utilisation des patates douces en Corée 423
E.H. Hong

41. La commercialisation des patates douces à Taiwan 431
H.Y. Chen

42. La physiologie et la pathologie de la patate douce au stade post-récolte du point de vue biochimique 439
I. Uritani

43. La déshydratation solaire de la patate douce 447
J.H. Moy et *S.P.S. Chi*

44. La patate douce (*Ipomoea batatas* (L) Lam) pour la production de viande bovine: aspects de l'agronomie et de la conservation et réactions animales 457
M.E. Ruiz

Discussion générale (Séance VI) 471

PARTICIPANTS 475
INDEX DES MATIÈRES 479
INDEX DES CULTIVARS,
SÉLECTIONS ET LIGNÉES 481

SEANCE I

LA PATATE DOUCE SOUS LES TROPIQUES : PROGRES ET PROBLEMES

R. L. VILLAREAL
Centre Asiatique de Recherche et de Developpement des Cultures Maraîchères, B.P. 42, Shanhua, Tainan 741, Taiwan.

INTRODUCTION

Le problème le plus pressant du Tiers Monde, après celui de la pauvreté elle-même, est celui de la pénurie alimentaire. L'Institut International de Recherche sur la Politique Alimentaire prevoyait (1977) un sombre avenir pour la situation alimentaire mondiale. ... le déficit alimentaire dans les économies de marché en voie de développement devrait passer de 12 millions de tonnes métriques en 1975, à 70-85 millions d'ici 1990... 40 % du déficit global prévu sont du fait de l'Asie, environ 25 % de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient, plus de 20 % de l'Afrique sub-saharienne et plus de 10 % de l'Amerique latine ... Tout aussi alarmant est le sort de quelques 15 millions d'enfants qui dans le monde, meurent chaque année de malnutrition et des maladies qu'elle entraîne. La majeure partie de cette mortalité est concentrée dans les pays en développement, qui hébergent plus de 75 % de la population mondiale. L'Asie tropicale, à elle seule, regroupe plus d'un demi milliard d'habitants, sans compter la Chine et l'Inde. Si l'on prend en compte les populations chinoises et indiennes (ni la Chine ni l'Inde ne sont entièrement situées en zone tropicale, on arrive au chiffre de deux milliard d'êtres humains, soit la moitié de la population mondiale. Même dans les régions marquées par la « révolution verte », beaucoup d'enfants souffrent de malnutrition car leur alimentation est dans une large mesure à base de denrées telles que les céréales, le manioc et les bananes, qui sont toutes des féculents à basse teneur en protéines. Un petit estomac d'enfant ne peut contenir une quantité de nourriture de ce type suffisante pour couvrir les besoins de l'organisme en protéines, sans parler des indispensables vitamines et sels minéraux. Il est donc impératif de veiller à instaurer un meilleur équilibre alimentaire pour écarter les risques de famine et de malnutrition généralisées.

Les spécialistes de la production alimentaire sont généralement d'accord sur les quatre moyens classiques permettant d'augmenter les réserves vivrières et de satisfaire les exigences alimentaires de la population, et valables pour tous les pays :

1. Augmenter les superficies cultivées.

2. Augmenter le rendement des cultures vivrières par unité de surface et réduire les pertes après récolte.

3. Acheter des vivres à l'extérieur du pays et attirer l'aide étrangère.

4. Faire usage de plantes sauvages.

Durant les quatre prochains jours, nous allons nous pencher sur la recommandation numéro 2 relative à la patate douce, considérée comme la culture la plus mésestimée au monde. Mon intention n'est pas de m'étendre en détail sur l'exceptionnel potentiel productif de la patate douce, sur son rendement vivrier élevé, par hectare et par jour, et sur sa capacité à survivre dans un grand nombre d'environnements adverses (VILLAREAL 1977). Je me propose plutôt d'analyser les statistiques actuelles de production de la patate douce, de rechercher les raisons pour lesquelles elle est mésestimée, de passer en revue quelques travaux marquants réalisés jusqu'ici et de suggérer quelle pourrait être la recherche restant à faire sur cette plante fâcheusement sous-estimée. En

d'autres termes, je tenterai d'implanter le cadre des discussions, afin que les exposés suivants soient mieux appréciés et mieux compris.

UNE CULTURE ASIATIQUE

De toutes les cultures exploitées pour leurs racines ou leurs tubercules dans le monde entier, la patate douce occupe la seconde place en importance, après la pomme de terre. En 1979, elle occupait environ 13,6 millions d'hectares contre 18,3 millions d'hectares pour la pomme de terre. Le manioc venait ensuite, en troisième position. En Asie, toutefois, la patate douce était la culture de racines la plus importante. Elle était cultivée sur 12,3 millions d'hectares, représentant 92 % de la superficie mondiale cultivée en patate douce, et l'Asie était aussi responsable de 92 % de la production totale, avec un volume de 105 millions de tonnes métriques (Tableau 1). C'est pour cette raison que la production moyenne par hectare en Asie (8485 kg/ha) est à peu près équivalente à la production moyenne mondiale (8355 kg/ha). Des trois cultures, c'est la patate douce qui est la moins productive sur la base du rendement à l'hectare. Il faut noter, cependant, que la plupart des pommes de terre sinon toutes, sont cultivées en altitude, dans des conditions privilégiées, alors que les patates douces sont généralement cultivées dans les régions tropicales, de basse altitude et très chaudes. Le manioc est récolté au bout de 12 mois environ, tandis que la patate douce est récoltée après moins de six moins.

Tableau 1. Les superficies cultivées les pourcentages de la production mondiale totale et les rendements moyens des plus importantes plantes à racines et à tubercules en Asie, 1979.

Racines et tubercules	Superficie (1 000 ha)	Production (1 000 TM)	Rendement (kg/ha)
Patate douce	12 330 (92 %)	104 617 (92 %)	8 485
Pomme de terre	3 268 (18 %)	36 928 (13 %)	11 300
Manioc	3 737 (28 %)	41 036 (35 %)	10 980

La patate douce est fondamentalement une plante asiatique : examinons donc quelques données illustrant les progrès obtenus dans l'amélioration de sa productivité dans cette région. Les progrès réalisés pour l'accroissement de la productivité du riz en Asie sont spectaculaires — 1,5 à 4,2 % d'augmentation par an. (Tableau 2).

Tableau 2. Augmentation des rendements de riz et de patate douce sur une période de 16 années dans certains pays d'Asie

Pays	1963		1979		Evolution	
	Riz	Patate douce	Riz	Patate douce	Riz	Patate douce
	(t/ha)				(%)	
Chine	2,9	8,5	3,7	8,5	32	1
Inde	1,4	7,3	1,8	6,9	29	−6
Indonésie	1,8	6,3	3,0	7,6	67	21
Japon	5,0	21,2	6,2	20,0	24	−6
Philippines	1,3	5,0	2,0	4,6	54	−8
Moyenne	2,5	9,7	3,3	9,5	32	−2

Source : Annuaires FAO des productions 1964 et 1980.

Dans le cas de la patate douce, la productivité décroît dans la plupart des pays d'Asie, excepté en Chine et en Indonésie. La Chine enregistre une augmentation négligeable de 1 % sur une période de 16 ans alors que l'Indonésie, sur la même période, accroît sa moyenne nationale de 21 %. Parmi les pays asiatiques, seul, le Japon, montre un rendement moyen supérieur à 20 t/ha. La productivité plus basse de la patate douce comparée à celle du riz est compréhensible car la plupart de ces pays ont besoin d'aliments de base pour répondre à la demande de leur population qui ne cesse d'augmenter. C'est pourquoi, les programmes nationaux de recherche et de vulgarisation consacrent leurs ressources limitées aux plantes vivrières prioritaires comme le riz. C'est malheureusement uniquement par temps de guerre, de calamités naturelles et de famine, que la patate douce accède au rang de culture de base dans beaucoup de pays pauvres. A ma connaissance, c'est seulement en Papouasie-Nouvelle Guinée, sur l'Ile Orchid, au large de Taïwan, et en certains endroits des Philippines, que la patate douce a conquis le titre de culture de base.

Comme nous l'avons dit, c'est le potentiel productif élevé de la patate douce qui fait que cette plante mérite l'attention qu'on lui porte. Néanmoins, on constate un grand écart entre les rendements expérimentaux et ceux obtenus par le planteur de patate douce, que ce soit en conditions tropicales ou tempérées. (Tableau 3).

Tableau 3. Rendements en patate douce obtenus dans les stations expérimentales comparés à la moyenne nationale.

Pays	Rendement potentiel Z	Rendement de l'agriculteur Y	Ecart de rendement	Amélioration possible
	(t/ha)			(%)
Tropical				
Inde	37	7	30	428
Philippines	35	5	30	600
Nigeria	32	13	19	146
Tempéré				
Japon	35	20	15	75
Corée	43	20	23	115
U.S.A.	45	13	32	243

Z Basé sur les rendements obtenus en station expérimentale
(Anonyme 1980, Collins et Pope 1979, Fugise 1970, IITA 1979, Kamalan et al 1979 et Park et al 1971)
Y 1979 moyenne nationale (Source : Annuaire FAO des productions 1980)

Amener les rendements en vraie grandeur au niveau de ceux obtenus expérimentalement pourrait signifier une augmentation de 75 % à 600 %. Je ne tenterai pas de rechercher les raisons de cet écart de rendement dans des pays d'abondance comme le Japon et les Etats-Unis. Dans les pays pauvres, par contre, cet écart est caractéristique, non seulement pour la patate douce, mais aussi pour d'autres cultures, y compris les céréales. Gomez (1980) et Garcia et Gomez (1980), aux Philippines, prétendent que ce phénomène pourrait être dû à des problèmes bio-physiques et socio-économiques. Selon moi, cette théorie peut s'appliquer à la patate douce. Les contraintes spécifiques pesant sur cette culture sont présentées dans la Figure 1. Quels progrès a-t-on fait dans la recherche d'une solution à ces problèmes ou pour tenter de réduire leur impact ?

PROGRÈS RÉALISÉS

Déjà bien avant la fondation de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA International Institute of Tropical Agriculture) et du Centre Asiatique de Recherche et de Développement des Cultures Maraîchères (AVRDC Asian Vegetable Research and Development Center), aussi bien la

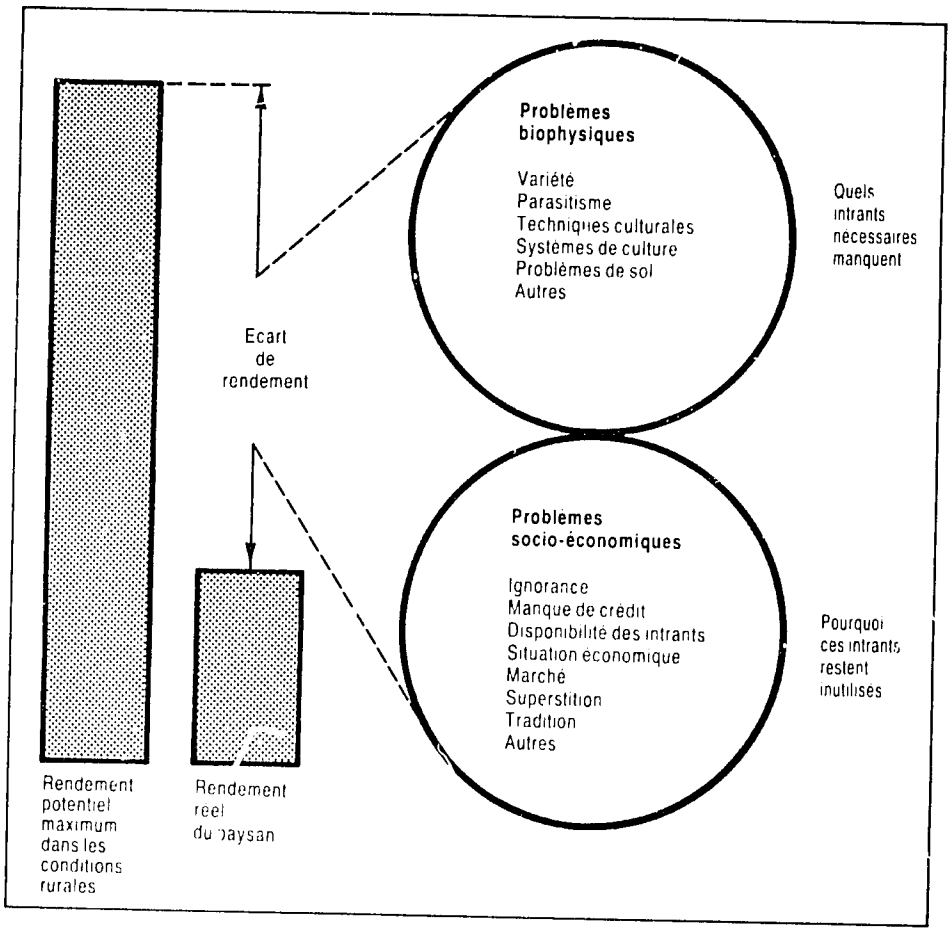


Figure 1. Le rendement potentiel et le rendement réel chez le paysan sont chacun soumis à des causes biophysiques et socio-économiques (GARCIA et GOMEZ 1980 ; GOMEZ 1980).

recherche de base que la recherche appliquée en matière de patates douces étaient menées par une kyrielle de stations agricoles expérimentales et d'universités dans les pays riches, et par quelques unes dans les pays tropicaux. Toutefois, la création de l'IITA et de l'AVRDC appuyèrent l'effort de recherche sur cette culture, notamment en milieu tropical. Ces organismes ont considérablement contribué à l'amélioration de la culture de la patate douce.

Problèmes biophysiques

Les contraintes biophysiques à la production de la patate douce peuvent être levées par différentes approches. La variété à cultiver doit être choisie avec soin ; il faut assurer la protection contre les maladies, les insectes nuisibles et les mauvaises herbes ; enfin, des méthodes culturales appropriées — préparation du sol, mulching, fertilisation et systèmes de culture — doivent être sélectionnées. J'aimerais souligner certains aspects de ces questions, tout en laissant à d'autres orateurs le soin de compléter la discussion.

Le choix de la variété : - Une percée considérable a été réalisée sur le continent américain, ce qui a permis à l'industrie de la patate douce d'enregistrer de rapides progrès. Des méthodes et des

techniques ont été mises au point pour induire la floraison et la grenaison de la patate douce (Miller 1937, 1939). Cette technologie a permis aux spécialistes de la patate douce, du monde entier, d'étudier les phénomènes de stérilité et d'incompatibilité ainsi que l'héritabilité de diverses caractéristiques comme le rendement, la couleur de la chair, la couleur de la peau, la teneur en matières seches, et la résistance aux maladies et aux insectes. Une meilleure compréhension du mécanisme genetique de l'heredite permet aux sélectionneurs d'identifier la technique de sélection appropriée pour le transfert de tel ou tel caractère utile à une lignée de patate douce viable commercialement.

Les scientifiques américains peuvent être fiers du nombre de variétes exceptionnelles mises au point pour la culture commerciale aux Etats-Unis (Harmon et al. 1970). La plupart de ces variétés ont une chair pulpeuse et à haute teneur nutritive en béta-carotène, précurseur de la vitamine A.

En Afrique, le programme d'amélioration de la patate douce de l'IITA a réussi à produire des cultivars améliorés, très productifs, résistants au charançon, aux maladies virales et à la sécheresse, et qui montrent une bonne aptitude à la conservation dans les conditions ambiantes ainsi qu'une adaptabilité élevée à des environnements variés (Hahn 1979). Ces lignées sélectionnées ont été distribuées à de nombreux programmes nationaux, par exemple ceux de Sierra Leone, du Liberia, du Cameroun, du Zaïre, du Burundi, des Seychelles, de l'Indonésie et du Nigeria.

Les sélectionneurs japonais de la Station Nationale de Recherche Agronomique de Kyushu ont réussi à obtenir une variété et 17 souches de patate douce en croisant *Ipomea batatas* avec son parent sauvage *I. trifida* (Sakamoto 1979). La majorité de ce matériel hybride possède une résistance élevée à la maladie des racines nouées et à celle dues aux nématodes, résistance transférée de l'espèce sauvage. Une variété bien connue, à haute teneur en amidon, la Koganesengan, résistance aux nématodes qui provoquent la nouaison des racines, a également été mise au point au Japon (Kawakami et Fuji 1980).

Depuis la fondation de l'AVRDC en 1971, ses chercheurs se sont employés à sélectionner des patates douces produisant des racines et des pousses plus nutritives, riches en béta-carotène et en protéine et adaptées à une culture mettant en jeu le minimum d'intrants. Nous avons également expérimenté des variétés de patate douce adaptées à des systèmes de culture intensive, comme la culture intercalaire, la culture de relais et la culture multiple. En 1979, nous avons délimité en termes chimiques nos objectifs de sélection pour divers éléments nutritifs (Tableau 4).

En principe, les denrées vivrières de base ne sont pas sucrées, et nous pensons que le contenu sucré de la patate douce peut nuire à son acceptation en tant que telle. Le riz contient moins de 1 % de sucre, le blé et la pomme de terre 2 %, teneurs peu comparables à celle de la patate douce qui va de 8 % à 40 %, pourcentages calculés par rapport au poids sec. Ceci nous a amené à lancer un programme de création d'une variété de patate douce à faible teneur en sucre (entre 3 % et 5 % sur poids sec). Cette variété devrait être mieux acceptée en tant que produit vivrier de base, avoir une durée de conservation plus longue, et être plus utile pour l'alimentation humaine ou animale. Nous disposons maintenant de quelques lignées très productives, à teneur modérément basse en sucre, qui seront évaluées dans plusieurs environnements tropicaux. Les patates douces destinées à être consommées comme dessert devraient présenter des niveaux élevés de bétacarotène et avoir, en outre, une texture appréciée par la plupart des Asiatiques qui, normalement préfèrent les variétés à chair sèche plutôt qu'à chair pulpeuse. Bien que nous ayons mis au point plusieurs patates douces oranges qui se sont classées en tête dans les tests de qualité gustative réalisés aux Philippines, au Bengladesh, à Taiwan et en Thaïlande, il reste beaucoup à faire dans ce domaine. Nous disposons aussi de plusieurs lignées sélectionnées qui semblent répondre aux critères que nous avons fixés pour les variétés destinées à l'élevage et à l'industrie. Plusieurs

Tableau 4. Les objectifs de sélection de l'AVRDC pour certains constituants nutritifs de la patate douce.

Eléments nutritifs	Type de patate douce[Z]			
	Vivrier	Dessert	Fourrage	Industriel
Béta-carotène (mg/100 g poids frais)	< 1	10-15	< 1	0
Protéine (% poids sec)	5-8	—[X]	5-8	< 3
Amidon (% poids frais)	> 20[Y]	—[X]	> 20	> 20
Sucre (% poids sec)	3-5	> 20	3-5	3-5
Matières sèches	23-35	—[X]	25-35	25-35

Z. Tous les types doivent présenter une chair blanche à jaune excepté le type dessert qui doit avoir une chair orange.
Y. Objectif préliminaire
X. La teneur n'est pas critique

d'entre elles ont été évaluées dans diverses régions d'Asie tropicale.

La stratégie adoptée par l'AVRDC en sélectionnant des lignées de patate douce qui requièrent peu d'intrants et qui conviennent aux systèmes de culture intensive entre tout à fait dans la ligne de son mandat qui est de servir le monde rural démuni des pays du Tiers Monde. Le prix élevé des engrais chimiques et d'autres intrants impose la recherche de variétés légumières capables d'utiliser avec efficience les résidus nutritifs présents dans le sol après la culture principale précédente. Plusieurs études montrent que certaines plantes maraîchères — spécialement le céleri, les pois et les tomates — sont plus efficientes que d'autres dans l'exploitation des substances nutritives minérales (Gableman et Gerloff 1978). Ceci conduit à penser que l'aptitude des cultures légumières à s'alimenter peut être manipulée génétiquement. Villareal et al. (1979) ont repéré, à l'AVRDC, un certain nombre de numéros de patate douce capables de produire au moins 15 t/ha après une culture de riz, sans préparation importante du sol ni irrigation, et sans devoir appliquer de coûteux intrants. Dans ces conditions particulières, les génotypes très productifs ont survécu,, en poussant et en produisant mieux que les génotypes peu productifs. Les premiers résultats indiquent que les lignées très productives accumulent 45 % de matières sèches de plus que celles à faible productivité (AVRDC — données non publiées). L'impact sur le sol d'une vigoureuse culture de patate douce, et son influence sur le comportement des cultures suivantes, restent à préciser.

Les contraintes de nature économique forcent le petit agriculteur à adopter des sytemes de culture intensive. Depuis des années, cet agriculteur a pratiqué des cultures légumières en mode intercalaire, en utilisant des variétés sélectionnées pour la monoculture. C'est pourquoi les niveaux de rendement sont généralement bas. Villareal et Lai (1977), de l'AVRDC, ont abordé l'étude de ce problème, en se penchant en particulier sur le cas des tomates et des patates douces. Le problème le plus important pourrait être celui de l'ombrage. Des réductions marquées de rendement se produisent lorsque la patate douce est relayée au lieu d'être cultivée seule. La culture relayée reçoit seulement 40 à 60 % de la radiation solaire effective. Nos résultats nous conduisent à penser qu'il est possible de repérer et de sélectionner des génotypes qui tolèrent un ombrage partiel et qui, de ce fait, se comportent mieux que les variétés conçues expressément pour la monoculture.

Il est clair que beaucoup de variétés exceptionnelles sont maintenant à la portée des planteurs de patate douce du monde entier. Cependant, ces variétés exigent, pour pouvoir extérioriser leur potentiel productif, un contrôle phytosanitaire approprié ainsi que des méthodes culturales et des

systèmes de production adéquats.

Insectes nuisibles : - Les patates douces sont la proie d'insectes nuisibles (Kantack et Cuthbert 1970) et de maladies variés (Martin et al. 1970 ; Martin 1970 ; Morrisson 1970 et Steinbauer et Kushman 1971), mais le plus dangereux de tous, particulièrement sous les tropiques, est le charançon de la patate douce (*Cylas formicarius et Cylas puncticollis*). *C. formicarius* est surtout présent en Asie, dans les Iles du Pacifique et aux Amériques, tandis que *C. puncticollis* prédomine en Afrique. Le charançon est le seul ennemi de la patate douce qui semble avoir bénéficié du plus grand effort de recherche de la part des scientifiques. Compte tenu du coût prohibitif des insecticides adequats, l'identification et le renforcement de la résistance à l'insecte offrent une solution pratique. Les chercheurs de l'IITA ont obtenu par sélection un certain nombre de lignées dotées d'une bonne résistance à *C. puncticollis* (Leuschner 1979), mais ceux de l'AVRDC n'ont pas repéré de matériel résistant de façon satisfaisante à *C. formicarius*. En définitive, il reste aux scientifiques de la patate douce d'énormes problèmes à résoudre : la sélection de variétés de patate douce immunes ou relativement résistantes au charançon et l'identification d'un moyen de lutte efficace et peu coûteux.

En ce qui concerne les maladies foliaires, les chercheurs de l'AVRDC et de l'IITA ont respectivement mis l'accent sur les balais de sorcière et les maladies virales (Terry 1979). Les deux équipes ont identifié d'assez bonnes sources de résistance à ces pathogènes, qui sont maintenant incorporées à divers matériels génétiques.

Méthodes et techniques culturales : - les patates douces sont rarement fertilisées ou irriguées, et sont pour la plupart du temps livrées à elles-mêmes dans la plupart des régions tropicales. Cependant, pour obtenir une culture satisfaisante, il est nécessaire de veiller à assurer les conditions optimum de croissance et de développement racinaire. Par exemple, des recherches sur la consommation d'éléments nutritifs par la patate douce montrant qu'une culture produisant 15 t/ha prélève du sol environ 70 kg d'azote, 20 kg d'acide phosphorique et 110 kg de potasse par hectare (Jacob et Von Uexkull 1963), ce qui signifie qu'une quantité au moins égale d'éléments nutritifs devrait être rendue au sol sous une quelconque forme. Les spécialistes sont généralement d'accord sur le fait que pour obtenir un rendement maximum en patate douce, le niveau de potasse dans le sol devrait être plusieurs fois augmenté par rapport au niveau d'azote. Les spécialistes de l'AVRDC ont observé qu'un champ préparé à l'aide d'un pulvériseur rotatif, comparé à un champ couvert de chaumes de riz, à un rendement moyen en racines très sensiblement supérieur, et présente une diminution très significative du rapport tiges racines (Luh et Moomaw 1979). La fertilisation et le désherbage augmentent considérablement le rendement global en racines, le poids des tiges et le nombre de racines. Le retournement des tiges n'a aucun effet. Le sol arrangé en plates-bandes, comparé au sol tel que, augmente significativement le rendement total en racines commercialisables. En 1977, à la saison des pluies, les patates douces montrèrent une croissance luxuriante des tiges et ne purent donner des racines grosses et charnues. La taille effectuée un mois après la plantation, permit d'obtenir les plus forts rendements en racines (de 33 % supérieurs au témoin). Le rapport tiges racines de ce traitement était de 31 % inférieur à celui du témoin. Une étude sur l'effet du retardement de la croissance des sommités des tiges sur le rendement de la patate douce, a déterminé que la taille des tiges pour les réduire à 20 cm de long entraînait une augmentation du rendement en racines pendant la saison des pluies.

Une expérimentation a clairement démontré que le degré de compacité du sol entraînait des différences très sensibles au niveau des rendements en racines (Tableau 5). Une interaction hautement significative liait la texture et la compacité du sol. Les deux cultivars AVRDC 35-2 et Tainung 57 produisaient plus sur sable compact que non compact, tandis qu'un limon non compact favorisait les plus hauts rendements en racines.

Tableau 5. Poids moyen des racines (g casier) fonction de la texture et de la compacité du sol, AVRDC 1978.

Cultivar	Sable[Z]		Limon		Moyenne
	Compact	Non-compact	Compact	Non-compact	
	g casier				
Tainung 57	228	134	144	356	215
AIS 35-2	297	270	164	406	285

Z La densité apparente des deux sols non compactés étant de 1,4 g/cm³ (sable) et 1,4 g/cm³ (limon).

Systèmes de culture : - Ce n'est peut-être qu'à Taïwan que la patate douce joue pleinement son rôle dans le cadre des cultures intercalaires. (FFTC 1974). Les spécialistes sur place ont identifié les conditions culturales appropriées pour assurer un rendement satisfaisant à chaque combinaison de cultures (telles que le type de sol, l'arrangement des lignes de plantation, l'époque et la technique de mise en place, l'époque d'épandage et les doses d'engrais, et les pratiques culturales). Dans d'autres pays, les techniques de la culture commerciale de la patate douce dans le cadre de systèmes intensifs ne sont pas au point. Malgré tout, l'intérêt manifesté par les chercheurs des pays en voie de développement à l'égard de systèmes de culture intégrant la patate douce va grandissant.

Problèmes socio-économiques

L'indisponibilité en intrants ou l'absence d'un système de distribution bien organisé peut autant limiter la production du fermier que le manque de techniques culturales judicieuses ou la perspective d'une infestation de charançons. En d'autres termes, les problèmes biophysiques et socio-économiques doivent être traités de façon à réduire l'écart de rendement existant entre les stations expérimentales et les champs paysans. Pour les scientifiques (en particulier ceux des pays en développement), il ne suffit pas de mettre au point la technologie appropriée à la culture des patates douces. Il faut aussi inciter les paysans, candidats producteurs, à mettre en pratique cette technologie. Ces derniers devraient, à cette fin, surmonter leur complaisance envers les superstitions et les coutumes. Il faudrait aussi faire comprendre aux autorités locales la nécessité d'innovations pratiques telles que les dispositions en matière de crédit agricole et de coopératives, les systèmes d'irrigation, l'aménagement des routes reliant les fermes aux marchés, les réseaux d'information et les systèmes de commercialisation pour les produits agricoles, et notamment les équipements de conditionnement et de stockage.

QUE RESTE-T-IL A FAIRE ?

Les scientifiques de la patate douce et les spécialistes du développement ont encore beaucoup à faire pour que la patate douce devienne une plante populaire et productive. Les problèmes liés à la stabilité du rendement, aux pertes après récolte, à la synchronisation de la floraison, aux maladies autres que le balai de sorcière et les maladies virales, aux charançons, et à l'adaptation des méthodes culturales à divers types de sols et d'environnements tropicaux restent à résoudre. De plus, une recherche est nécessaire pour l'utilisation plus rationnelle des racines et des pousses de patate douce. Dans ce contexte, il nous faudra considérer des problèmes tels que le contenu inhibiteur de la patate douce en trypsine, la flatulence qu'il provoque, la difficulté de trouver des méthodes efficaces de séchage, la perte de qualité pendant la conservation, etc.

Les réponses à la plupart de ces problèmes seront sans doute discutées de façon formelle et informelle au cours des quatre prochaines journées de notre colloque.

Dans certains pays du Tiers Monde, des projets de développement sont nécessaires pour attirer l'attention publique sur cette plante à racines nutritive. Luh et Moomaw (1979) ont résumé certains aspects de ces besoins :

« 1. Des quantités suffisantes de matériel de plantation de qualité, multiplié à partir de sources fiables de variétés renommées, avec description variétale, constituent la base du développement.

2. Un plan bien structuré grâce auquel la transmission des résultats de la recherche et leur application deviennent effectives pour promouvoir une culture rentable. Un personnel entraîné de même qu'une information proposée sous diverses formes apparaissent indispensables pour que l'opération réussisse.

3. L'appréciation par le public de la valeur alimentaire de la patate douce, grâce à divers méthodes éducatives, est une condition importante pour le développement. Par exemple, la valeur nutritive de la patate douce et sa contribution à la santé humaine devraient être mieux perçues du grand public et la tradition qui veut que la patate douce soit une plante de rang inférieure réservée aux pauvres pourrait alors évoluer.

4. Les scientifiques de l'alimentaire, les nutritionnistes, les biochimistes et les experts en économie domestique doivent innover dans l'art de préparer des plats à base de patate douce plus appétissants et plus séduisants. Cela contribuera certainement à modifier l'attitude des gens et les encouragera à mieux accepter la patate douce.

5. La réhabilitation de la patate douce dans le contexte social et économique de la faim dans le monde peut révéler des techniques propices à un développement heureux de la patate douce sur toute la surface du globe ».

L'EXPERIENCE DE TAIWAN

Plusieurs leçons tirées de l'expérience de Taïwan peuvent être utiles aux programmes de production vivrière d'autres pays. En 1952, alors que le revenu annuel par habitant était de 124 $ US, 25 % de l'utilisation des patates douces étaient le fait de la consommation humaine et 60 % de l'alimentation animale et des industries de transformation (Tableau 6). En 1639, quand le revenu annuel par habitant était inférieur à 100 $ US, envrion 40 % des patates douces produites servaient à l'alimentation de l'homme.

Tableau 6. Utilisation de la patate douce à Taïwan, 1952 et 1978

Usage	1952 (1 000 TM)	% du total	1978 (1 000 TM)	% du total
Vivrier	522,6	25	99,6	6,8
Elevage	933,2	45	919,5	63
Industrie	313,6	15	291,9	20
Semences	112,1	5	2,6	0,2
Pertes	209,0	10	145,9	10
TOTAL	2090,5		1459,5	

Source : Bilan Alimentaire de Taïwan, 1952 et 1978, JCRR.

En 1978, l'élévation du revenu par habitant à 1271 $ US s'accompagna d'une diminution de l'utilisation des patates douces pour l'alimenation qui passa à 6,8 % et d'une augmentation de l'utilisation pour l'élevage et l'industrie qui atteignit 83 %. Ce phénomène indique que plus le niveau de vie s'élève, plus la dépendance vis-à-vis des denrées peu coûteuses diminue. Il est vrai que l'on parle de « nourriture du pauvre » mais, malheureusement, un grand nombre de pauvres gens vont se coucher chaque soir le ventre creux. En se basant sur l'expérience de Taiwan, la patate douce s'avère une plante sur laquelle on peut compter pour aider à résoudre les problèmes d'approvisionnement et de nutrition dans les pays à faible revenu par habitant.

Dans le passé, les fermiers préparaient la nourriture des porcs à partir des patates douces, en découpant les racines en lamelles et en hachant les pousses à l'aide d'une petite machine manuelle. Le produit était ensuite séché au soleil et emmagasiné. Les racines ou les fragments de pousses séchées étaient ensuite mélangées avec des aliments pour animaux ou des déchets de cuisine et données aux porcs. Plus récemment, cependant, la pénurie de main d'œuvre a conduit un nombre croissant de fermiers à acheter de préférence des aliments commerciaux composés pour animaux. Il existe certes toujours des fermiers qui utilisent les patates douces pour nourrir leurs animaux, mais on tend plus aujourd'hui à utiliser des préparations commerciales facilement disponibles. C'est une des raisons pour lesquelles les superficies plantées en patate douce ont graduellement décru de 233 592 ha en 1952 à 91 749 ha en 1978 — une réduction de 61 % — alors que les rendements passaient d'environ 9 à 16 t/ha (78 %) pendant la même période. Ceci laisse supposer que dans les pays où le travail reste bon marché, la patate douce peut économiquement être utilisée aussi bien pour l'élevage que pour l'alimentation humaine, et en particulier par les éleveurs de bétail d'arrière cour. Naturellement, un éventail plus large d'utilisations agrandit le marché de la patate douce.

Faire passer la patate douce du rang de plante de subsistance à celui de plante cotée sur le marché exige une approche nouvelle visant un revirement de l'opinion reçue. Le Dr Samson C.S. Tsou (communication personnelle), biochimiste de l'AVRDC, propose quatre stratégies :

1. Réduire les frais de production. Autrement dit, la plantation et la récolte (les opérations les plus intensives en main-d'œuvre) devraient dans toute la mesure du possible être mécanisées.

2. Améliorer le rendement à l'hectare du champ paysan. En 1978, la moyenne nationale à Taiwan était d'environ 16 t/ha, alors que les chercheurs obtenaient environ 52 t/ha dans leurs parcelles expérimentales. Le Dr Tsou estime que l'obtention, par l'agriculteur, d'un rendement stable de 25 t/ha pourrait rendre la patate douce concurrentielle des autres cultures productrices de matières sèches.

3. Étendre l'utilisation actuelle. En tant que denrée vivrière pour les centres urbains, la patate douce devrait être présentée, emballée et prête pour une préparation culinaire exigeant le minimum de manipulations. Pour l'alimentation animale, certaines innovations techniques sont nécessaires : équipement de séchage économique, système efficace pour rassembler le produit sous une forme qui permmette un mélange facile avec d'autres ingrédients pour animaux, et équipements de conservation pratiques assurant une détérioration minimum de la qualité. La teneur en amidon et la qualité devraient être améliorées afin de rendre cette culture compétitive par rapport à d'autres cultures féculières.

4. Initier un programme dynamique de mise au point de produits nouveaux. L'industrie de conditionnement des denrées vivrières de Taiwan peut jouer un rôle de soutien prédominant en faveur de cette stratégie.

Répétons-le : ces stratégies seraient utiles aux pays où la patate douce peut rapidement devenir une culture commercialement côtée.

CONCLUSION

Pour conclure, je voudrais rappeler le contenu d'une communication précédente (Villareal 1977). Je partage l'optimisme de mes collègues spécialistes de la patate douce en ce qui concerne la contribution que nous pouvons apporter à la résolution des problèmes alimentaires des pays en développement. Sans doute, il n'y a pas de réponse pratique simple au problème complexe de l'alimentation et de la population. Cependant, j'estime que c'est le Dr Robert F. Chandler, Junior, ancien Directeur de l'IRRI et de l'AVRDC qui a le mieux résumé ce qui, selon lui, pourrait et devrait être fait : « ... Les solutions vont requérir des gouvernements, des éducateurs et des chefs religieux, une supervision intelligente et appropriée, et bien entendu, surtout, l'adhésion entière du grand public. Se laisser aller à la bigoterie, croire aux superstitions, avoir l'esprit de clocher sont des faiblesses qui coûtent trop cher aux progrès de l'homme pour trouver place dans l'avenir du genre humain. Elles doivent céder la place à une démarche désintéressée, libérale, mais réaliste, inébranlablement dirigée vers le bien-être de l'humanité. »

BIBLIOGRAPHIE

ANONYMOUS. 1980. PRCRTC releases superior root crop varieties. Radix 2(1): 12.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1974. Annual report for 1972-1973. Shanhua, Taiwan. 52 pp.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1975. Annual report for 1974. Shanhua, Taiwan. 142 pp.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1976. Sweet potato report for 1975. Shanhua, Taiwan. 44 pp.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1977. Sweet potato report for 1976. Shanhua, Taiwan. 66 pp.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1978. Progress report for 1977. Shanhua, Taiwan. 90 pp.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1979. Progress report for 1978. Shanhua, Taiwan. 173 pp.

COLLINS, W. W. and D. T. POPE. 1979. Caromex - sweet potato. HortScience 14(5): 646.

FOOD AND FERTILIZER TECHNOLOGY CENTER (FFTC). 1974. Multiple cropping systems in Taiwan. FFTC, Taiwan. 77 pp.

FUGISE, K. 1970. Sweet potato and its breeding efficacy in Japan. *In* Proc. Second Inter. Symp. on Tropical Root and Tuber Crops. Honolulu, Hawaii, August 23-30, 1970.

GABLEMAN, W. H. and G. C. GERLOFF. 1978. Isolating plant germplasm with altered efficiencies in mineral nutrition. HortScience 13: 682-684.

GARCIA, A. G. and A. A. GOMEZ. 1980. Cropping systems research at UPLB. *In* Symposium on Cropping Systems. Bangkok, Thailand, Aug. 12-17, 1980.

GOMEZ, A. A. 1980. National network for technology verification in farmers' fields. Food Fertilizer Tech. Center Ext. Bull. No. 151. 10 pp.

HAHN, S. K. 1979. Research priorities, techniques, and accomplishments in sweet potato breeding at IITA. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

HARMON, S., H. L. HAMMETT, T. HERNANDEZ and D. T. POPE. 1970. Progress in the breeding and development of new varieties. *In* Thirty Years of Cooperative Sweet Potato Research 1939-1969. Southern Cooperative Series Bull. No. 159:8-17.

INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE (IFPRI). 1977. Food needs of developing countries: Projections of production and consumption to 1990. IFPRI Research Report 3. Washington, D.C. 157 pp.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). 1973. Annual report 1971. Ibadan, Nigeria. 112 pp.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). 1974. Annual report 1972-73. Ibadan, Nigeria. 48 pp.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). 1975. Annual report 1974. Ibadan, Nigeria. 199 pp.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). 1976. Annual report 1975. Ibadan, Nigeria. 207 pp.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). 1977. Annual report 1976. Ibadan, Nigeria. 126 pp.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). 1978. Annual report 1977. Ibadan, Nigeria. 129 pp.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). 1979. Annual report 1978. Ibadan, Nigeria. 129 pp.

JACOB, A. and H. von UEXKULL. 1963. Fertilizer use. Nutrition and Manuring of Tropical Crops. 3rd ed. Verlagsgesellschaft fur Ackerbau, Hanover.

KAMALAN, P., K. VIJAYA BAI and N. HRISHI. 1979. Sweet potato improvement in India. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

KANTACK, E. J. and F. P. CUTHBERT, Jr. 1970. Insects. *In* Thirty Years of Cooperative Sweet Potato Research 1939-1969. Southern Cooperative Series Bull. No. 159:72-79.

KAWAKAMI, J. and K. FUJI. 1980. Genetic resources of seed-propagated crops in Japan. *In* Symp. Genetic Resources of the Far East and the Pacific Islands. Tsukuba, Japan, Oct. 21-24, 1980.

LEUSCHNER, K. 1979. Screening for sweet potato weevil resistance. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

LUH, C. L. and J. C. MOOMAW. 1979. Present role and future outlook for sweet potato in Asia - Research and development needs. *In* 5th Symp. Int. Soc. Trop. Root Crops. Manila, Philippines, Sept. 17-21, 1979.

MARTIN, W. K., L. W. Nielson, and L. S. MORRISON. 1970. Diseases. *In* Thirty Years of Cooperative Sweet Potato Research 1939-1969. Southern Cooperative Series Bull. No. 159:46-48.

MARTIN, W. J. 1970. Virus diseases. *In* Thirty Years of Cooperative Sweet Potato Research 1939-1969. Southern Cooperative Series Bull. No. 159:49-55.

MILLER, J. C. 1937. Inducing the sweet potato to bloom and set seed. J. Hered. 28:347-349.

MILLER, J. C. 1939. Further studies and technic used in sweet potato breeding in Louisiana. J. Hered. 30:485-492.

MORRISON, L. S. 1970. Nematode diseases. *In* Thirty Years of Cooperative Sweet Potato Research 1939-69. Southern Cooperative Series Bull. No. 159:56-59.

PARK, K. Y., C. D. Bam and S. K. JONG. 1971. New sweet potato variety "Hwang-Mi". 1971. Res. Reports of the Office of Rural Development 14:61-65.

SAKAMOTO, S. 1979. Use of interspecific hybrids for sweet potato breeding in Japan. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

STEINBAUER, C. E. and L. J. KUSHMAN. 1971. Sweet potato culture and diseases. Agriculture Handbook No. 388. Agric. Res. Ser., U.S. Dept. Agric. 74 pp.

TERRY, E. R. 1979. Screening sweet potato for resistance to viruses. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

VILLAREAL, R. L. 1977. Sweet potato: its present and potential role in the food production of developing countries. South Pacific Commission Tech. Paper 174:170-182.

VILLAREAL, R. L. and S. H. LAI. 1977. Developing vegetable crop varieties for intensive cropping systems. *In* Proc. Symp. Cropping Systems Research and Development for the Asian Rice Farmer. IRRI, Philippines.

VILLAREAL, R. L., S. K. LIN and S. J. LAI. 1979. Variations in the yielding ability of sweet potato under drought stress and minimum input conditions. HortScience 14(1):31-32.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON SWEET POTATO
March 23-27 1981 Taiwan ROC

LA PATATE DOUCE DANS UNE PERSPECTIVE HISTORIQUE

D. E. YEN
Département de Recherche sur la Préhistoire de l'Ecole des Etudes sur le Pacifique, Université Nationale Australienne, Canberra, ACT, Australie (détaché du Bishop Museum, Honolulu, Hawaï, U.S.A.).

INTRODUCTION

La production de patates douces se situant à la septième place dans les statistiques mondiales (FAO 1978) après le blé, le riz, le maïs, la pomme de terre, l'orge et le manioc, le Comité International des Ressources Génétiques des Plantes (CIRGP — IBPGR 1981) a considéré qu'elle pouvait bénéficier d'un programme de conservation de son patrimoine génétique. Il existe un grand nombre de collections dans les régions tropicales qui sont souvent d'un intérêt restreint, limité au matériel local ou peu représentatives de l'éventail du potentiel génétique de l'espèce *Ipomoea batatas*. Il existe certes aussi des espèces apparentées qui pourraient être précieuses pour les programmes d'amélioration. C'est ainsi que l'équipe du CIRGP s'occupant de la patate douce a recommandé, en 1980, de mener une campagne sur le terrain pour la sauvegarde de cette culture. Cette démarche prend en compte à la fois la phylogenèse et l'historique de la dispersion de la patate douce à travers le monde, éléments majeurs pour la planification des collections de terrain. C'est le thème historique qui sera traité ici.

PHYLOGENESE

Avec le développement des études taxonomiques et cytologiques sur la patate douce au début du XXème siècle, l'origine américaine de l'espèce n'est plus maintenant que rarement mise en doute. La généalogie botanique, cependant, est loin d'être éclaircie et une recherche supplémentaire reste à réaliser sur les espèces *Ipomoea* sauvages. La révision de Nishiyama (1971) basée sur le nombre de chromosomes et l'analyse du génome a défini un groupe *batatas* dans lequel la patate douce (2n = 90), *I. trilida* (2n = 90), *I. littoralis* (2n = 60) et *I. leucantha* (2n = 30) forment une série apparemment autoploïde d'hexaploïde à diploïde, ce qui vient appuyer la première affirmation de Nishiyama, à savoir qu'*I. batatas* est un descendant direct de *I. trilida* sauvage. Un groupe différencié anatomiquement et d'une constitution différente au point de vue génome fut aussi reconnu, comprenant les diploïdes (2n = 30) *I. triloba*, *I. lacunosa*, *I. trichocarpa* et *I. ramoni* tandis que les tétraploïdes *I. gracilis* et *I. tiliacea* restaient indéterminés en termes de composition du génome. Sur deux plans, la pertinence de cette réorganisation pour retrouver l'ascendance de la patate douce peut être remise en question.

Au plan cytologique, le comportement chromosomique chez *I. batatas*, tel que décrit par multivalence, univalence et association secondaire, semble indiquer l'existence d'hybridations interspécifiques chez les ascendants de cette espèce. (Ting et Kehr 1953 ; Yen 1974).

Au plan morphologique, les études de Martin et Jones (1972) sur la plupart des espèces nommées plus haut ne démontrent pas le mécanisme évolutif direct suggéré par la révision du Nis-

hiyama, et notamment la descendance directe de *I. batatas*. La révision taxonomique récente du complexe des espèces *Ipomoea batatas* incorpore presque toutes les espèces nommées par Nishiyama dans un seul groupe d'un point de vue anatomique. Toutefois, se référant au travail précédemment réalisé sur ces espèces, Austin (1978) souligne les difficultés que la mauvaise identification a causées à la théorisation par l'ascendance de la patate douce. Comme exemple, Austin (1977 a) cite la reconnaissance erronée comme tétraploïdes de *I. gracilis* (une espèce australienne) et de *I. littoralis*. Se basant sur une taxonomie révisée, sur des études de terrain et d'hybridation, Austin explique que ces polyploïdes résultent d'hybridation naturelle entre *I. batatas* cultivée et une mauvaise herbe tétraploïde, probablement *I. trifida*. Et, selon Nishiyama, l'hexaploïde *I. trifida* est, d'après le modèle de Austin, le produit de la rétrohybridation de ce cultigène avec les espèces sauvages herbacées alloploïdes.

Des données plus poussées de phylogenèse concernent la distribution du genre *Ipomoea* hors des Amériques. Le groupe d'espèces le plus intéressant est peut-être celui recensé dans la partie tropicale nord du continent australien, Arnhem Land et Cape York, et dans la région centrale désertique d'Australie. Dans son inventaire des plantes utilisées comme aliments par les aborigènes qui pratiquent la chasse et la cueillette, Golson (1971) recense huit espèces exploitées pour les racines et les feuilles, et parmi elles, fait intéressant, deux le sont pour les graines (Tableau 1). Meehan et Jones (communication personnelle) ont relevé une espèce additionnelle et jusqu'à présent non identifiée, exploitée pour ses racines, que les Anbara d'Australie du Nord consomment comme aliment secondaire. Latz (données non publiées) décrit l'usage alimentaire qui est fait de trois espèces d'*Ipomoea* par les habitants du désert au centre du continent : *I. costata* et une autre espèce non baptisée produisant souvent de grosses racines (Figure 1), et *I. muelleri*, dont les racines utilisées ne sont pas tubéreuses et dont les graines sont, paraît-il, consommées par un groupe tribal. Ces espèces présentent un intérêt ethnobotanique considérable, car deux d'entre elles, *I. costata* et l'espèce non baptisée, sont importantes du point de vue culturel. La première est une plante totémique figurant souvent dans les mythes des aborigènes, et la seconde est présente dans les phénomènes rapportés d'« état de rêve » défini par Stanner (1979) comme l'évocation « d'une époque très ancienne, héroïque et sacrée, quand l'homme et la nature commencèrent à devenir tels qu'ils sont aujourd'hui ». Naturellement, de telles associations culturelles suggèrent l'ancienneté considérable du lien entre ces espèces et l'homme d'Australie.

Figure 1. *Ipomoea* du désert central australien
A : Une plante de *I. costata* en floraison. Le diamètre approximatif de la fleur ouverte est de 8 cm
B : Darby Jampijinpa exhibant la récolte de racines de l'espèce *I. costata*, après quinze minutes de travail
C : Racines comestibles d'une espèce d'*Ipomoea* inconnue. La plus grande mesure à peu près 16 cm (Photographies : Peter Latz)

La contribution susceptible d'être apportée par de telles plantes apparentées, relativement éloignées et isolées, aux programmes d'amélioration futurs de la patate douce, est imprévisible. Et, en vérité, nous ne savons pas dans quelle mesure de telles espèces pourraient être domestiquées ou adaptées à des environnements souvent pleins de contraintes. L'agriculture sous toutes ses formes, culture et élevage, n'a commencé à se développer en Australie qu'avec l'arrivée des Européens. Au cours d'une préhistoire de 40 000 ans pendant laquelle les populations vécurent de chasse et de cueillette, les plantes alimentaires sauvages jouèrent un rôle considérable. Distribuées s[illegible] large rayon écologique, les *Ipomoea* sauvages constituent potentiellement une ressource alimentaire et économique mondiale dont les possibilités d'adaptation aux conditions désertiques, de savanes et des régions forestières tropicales en dehors de l'Australie risquent de n'être jamais évaluées. En Australie, avec la tendance moderne vers un processus intensif de développement, en particulier de l'industrie minière, les plantes vivrières aborigènes, qui font partie de la flore naturelle, risquent fort de devenir des espèces en danger.

HISTOIRE DE LA PATATE DOUCE

L'édification de l'hypothèse tripartite pour expliquer la distribution de la patate douce en Océanie (Yen 1974) ne peut être dissociée de l'histoire de sa diffusion globale au départ d'une origine américaine. Se concentrant sur la section *batatas* de l'espèce *Ipomoea*, Austin (1977 b) a suggéré que la patate douce était originaire de la région bordée au nord par la Péninsule du Yucatan et au sud par la rivière Orinoco dans laquelle les quatre plus importants taxa américains du groupe *batatas* sont distribués. Mon travail sur la variation chez *I. batatas* montre une diversité maximum dans le nord-ouest de l'Amérique du Sud (Colombie, Equateur et Pérou du nord), région se situant à l'intérieur du centre d'origine proposé par Austin, qui identifie aussi des centres secondaires de grande diversité au Guatemala et au sud du Pérou.

Tableau 1. Les espèces d'Ipomoea exploitées pour l'alimentation par les aborigènes australiens

Espèce	Région	Environnement	Partie de la plante utilisée[Z]
I. Costata F. Muell.	Australie centrale	Désert	Tubercule
I. Eriocarpa R.Br.	Cape York (Est)	Forêt tropicale humide	Racine
I. Gracilis R.Br.	Arnhem Land	Cours d'eau marais	Racine
I. Muelleriana Benth.	Australie centrale	Désert	Racine, graines
I. Pes-caprae (L.) Sweet	Cape York (Est)	Côte	Racine
I. Pes-caprae ssp. brasiliensis Ooststr.	Arnhem Land	Côte	Racine
I. Polymorpha Roem. et Schult. ou I. Heterophylla R.Br.	Australie centrale	Désert	Racine, graines
I. Velutina R.Br.	Arnhem Land	Savanne, Côte	Racine
I. sp.	Australie centrale	Désert	Parties vertes, tubercule
I. sp.	Arnhem Land	Côte, intérieur	Racine
I. Grammica R.Br.	Arnhem Land (nord-est)	Région côtière	Tubercule
I. Abrupta R.Br. ou I. Tuba (Schlect.) G. Don	Arnhem Land (nord-est)	Savanne	Racine

Z Différenciation de formes tubérisées à partir de racines non tubérisées

(Source : Golson (1971) avec information additionnelle obtenue à partir de communications personnelles avec R. Jones, P. Latz, B. Meehan, N. Scarlett et N. White)

D'après les mémoires ethnohistoriques de Christophe Colomb à Hispaniola, des explorateurs et des missionnaires espagnols au Mexique et au Pérou, et des Portugais au Brésil, il est évident que la patate douce était, bien avant 1492, largement repandue dans les tropiques américains. La plante fut ensuite diffusée par les explorateurs ibériens et, en particulier, dans le Pacifique par les Espagnols au seizième siècle (Frederici 1929; Brand 1971). Grâce aux preuves linguistiques, les voies de transmission peuvent être tracées comme suit (Figure 2):

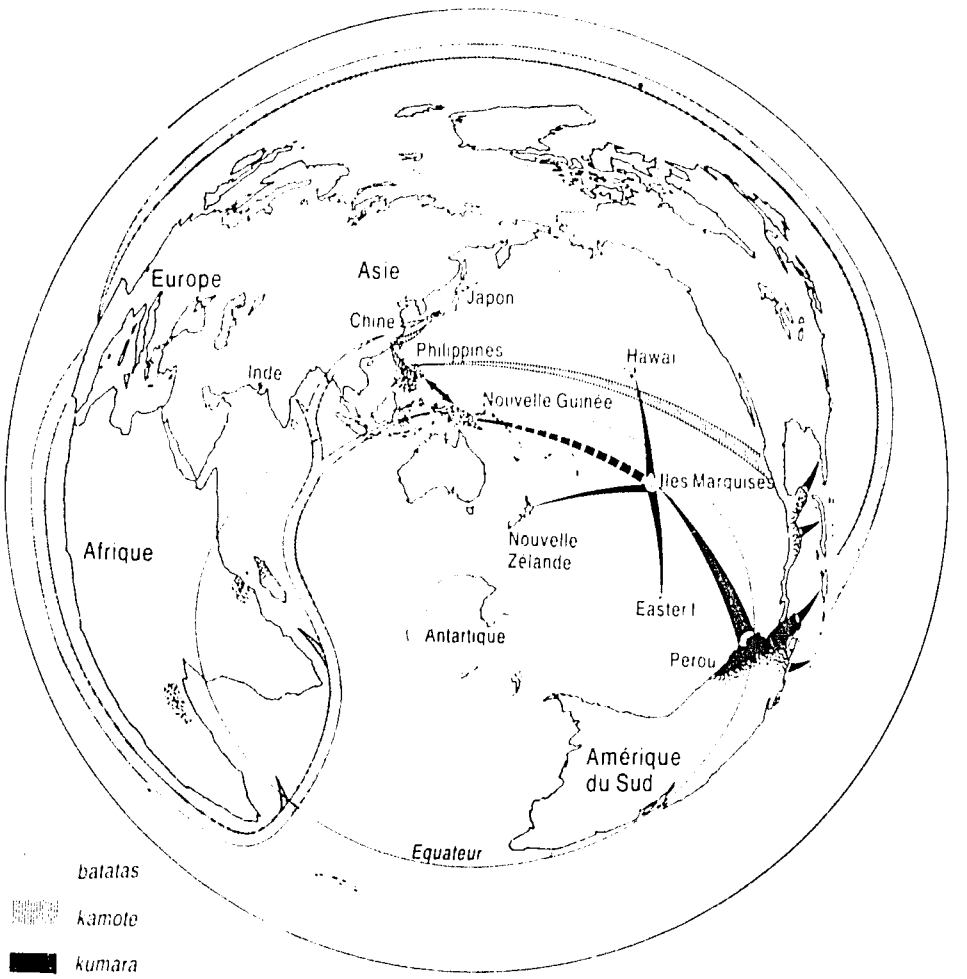


Figure 2. Historique de la dispersion de la patate douce au départ de l'Amérique. Le tracé *kumara* est préhistorique, le transfert du nord de l'Amérique du sud vers la Polynésie orientale datant de l'an 400 de notre ère. L'extension de ce tracé jusqu'en Mélanésie en passant par la Polynésie occidentale avant le contact européen est très discuté. L'époque du transfert aux Antilles n'est pas connue. Le tracé *batatas* date du premier voyage de Christophe Colomb, en 1492, introduisant la plante en Europe occidentale; ce tracé s'est prolongé après 1500 avec l'exploration et la colonisation de l'Afrique, de l'Asie et de la Mélanésie occidentale. Le tracé *kamote* matérialise le transfert direct par les galions de Manille du Mexique aux Philippines au xvième siècle. Dans la région de l'Asie de l'est et de la Mélanésie de l'ouest, il s'est produit des échanges complexes de patates douces après les premières introductions (Diagramme de Winifred Mumford).

1. La voie *batatas* : les explorateurs portugais ont tranféré les clones antillais cultivés en Europe de l'ouest méditerranéenne vers l'Afrique, l'Inde et l'Indonésie.

2. La voie *'kamote'* : les galions de commerce espagnols reliant Acapulco à Manille propagèrent les clones de patate douce à partir du Mexique.

Ces deux introductions de la même espèce d'Amérique furent disséminées, respectivement, en Nouvelle Guinée et dans les îles du Pacifique occidental, ainsi qu'en Chine et au Japon. L'éventualité pour l'espèce *batatas* d'avoir atteint la Chine par voie de terre, à travers l'Asie du sud ou du sud-est, ne peut être écartée, car dès 1594, la plante fut recensée en Chine méridionale (quoique présentée comme venant des Philippines), à Taiwan et aux îles Ryukyu en 1597 et en 1605, et au Japon du sud en 1698.

La troisième voie est la transmission préhistorique suivant le trace « *kumara* ». Ici, un litige important et non encore tranché concerne l'identification des transporteurs de la plante d'Amérique du Sud en Polynésie orientale. Des analogies lexicales entre un nom Quechua et le mot polynésien kumara suggèrent un transfert par l'homme, mais on ignore toujours si les responsables en étaient des voyageurs péruviens ou Polynésiens. La théorie Kon Tiki d'une origine péruvienne de la population de Polynésie (Heyerdahl, 1952) est toujours en vogue bien que les études archéologiques réalisées sur l'île de Pâques, aux Marquises et dans les archipels de la Société et des Tuamotou n'ont rien fait, ou très peu, pour la confirmer. Les travaux archéologiques du Pacifique ont, en fait plutôt renforcé le point de vue opposé, à savoir que les îles ont été peuplées à partir de l'ouest (Asie) à différentes époques de la préhistoire, et qu'aucun apport indo-américain n'a été fait à la culture polynésienne. Ainsi, par ce processus d'éliminations successives, l'avènement de la patate douce américaine dans le Pacifique à l'époque de la préhistoire serait associée à des voyageurs polynésiens et à leurs longues expéditions exploratoires poussées au travers de l'océan mais, encore une fois, les preuves font défaut.

DISTRIBUTION SECONDAIRE : UNE QUESTION HISTORIQUE CAPITALE

Selon l'opinion reçue, l'introduction préhistorique de la patate douce en Polynésie n'a jamais touché la région mélanésienne, ni la Polynésie occidentale et la Micronésie. Cependant, une étude capitale sur l'agriculture préhistorique de la vallée de la Wahgi dans les montagnes de Nouvelle Guinée menée par le Professeur Jack Golson et ses collaborateurs, a relancé toute la question. Golson (1976 a) et Golson et Hughes (1976) ont reconstitué la succession de drainages agricoles qui, depuis 9000 ans, détermine à plusieurs égards l'évolution de la technologie face à un environnement marécageux changeant. Les sédimentations successives provenant de l'érosion des sols situés en amont au cours de cette période de drainage, et retrouvées dans le marais, ainsi que les modifications de la végétation identifiées à partir des examens de pollen, ont été interprétées comme étant les conséquences de reprises de culture sur brûlis accompagnant ou succédant aux cultures intensives de marais. Aux stades récents de cette succession, le drainage du marais subit un long arrêt il y a 1 200 ans, qui se prolongea jusqu'à il y a 350 ans. Lors de la reprise du drainage, au bout de cette période, la procédure de contrôle des eaux était analogue aux systèmes de drainage toujours en usage aujourd'hui dans les montagnes de Nouvelle Guinée pour la production de patate douce (Figure 3). Des formes de drainage plus anciennes et plus élémentaires ont été associées à la culture de *Colocasia*, si bien que le changement intervenu il y a 350 ans dans le mode de contrôle hydrique correspond à l'introduction, supposée postérieure à 1500, de la patate douce par la voie *batatas* (Figure 2).

Figure 3. Culture indigène, avec drainage, de la patate douce
A) La vallée de Baliem du centre de l'Irian occidental, Indonésie. Photographie aérienne du découpage du système de drainage formant des « jardins en îlots » pour la culture de la patate douce (Photo : J. Golson).
B) Champs de patate douce au Rwanda, Afrique, suivant une technique similaire aux systèmes de Nouvelle Guinée (Photo : S.K. Hahn).

Toutefois, un document de Golson, présenté en 1975 au séminaire de Waigani en Nouvelle Guinée, eut l'effet d'une bombe pour l'archéologie océanique, car il affirmait que la patate douce avait déjà atteint les montagnes de Nouvelle Guinée il y a quelques 1200 ans. Appuyés par les résultats des fouilles réalisées dans la vallée de Wahgi, les traits principaux de cette nouvelle interprétation étaient les suivants :

a. Le témoignage palynologique, qui remonte à 1200 ans, démontre la disparition progressive de la forêt naturelle résultant de l'importance prise par des espèces qui sont à l'heure actuelle cultivées ou préservées dans les jachères de potagers à culture de patate douce prédominante.

b. Un tel déboisement pourrait coïncider avec l'apparition de la patate douce, qui aurait enrichi l'agriculture grâce à son adaptabilité aux terrains en pente et aux altitudes relativement plus élevées, que celle des cultures plus traditionnelles des espèces *Colocasia* et *Dioscorea*.

c. La sédimentation du sol qui marqua l'arrêt du drainage il y a 1200 ans peut être interprétée comme le résultat de l'éclaircissement généralisé des forêts, exécuté en vue de la production de patate douce.

De plus amples considérations étayant ces preuves se trouvent dans Powell et al. (1975) et dans Golson (1976 b). Dans cette dernière communication cependant, Golson met en garde contre la totale adhésion à l'idée d'une introduction très ancienne de la patate douce en Nouvelle Guinée, mais précise qu'une prochaine recherche interdisciplinaire pourrait régler la question.

L'opinion prudente relative à une introduction récente en Mélanésie (Hendren 1976 ; Green 1976) a certainement été induite par mon propre traitement, plutôt incertain, de l'étude de la variation d'une combinaison de plants, et de données historiques (Yen 1974). Néanmoins, face à l'hypothèse de Golson, toujours non vérifiée, il serait instructif de tester la plante et de réexaminer d'autres preuves ethnobotaniques appuyant la théorie de l'introduction préhistorique de la patate douce de Polynésie en Mélanésie. En effet, sans cette possibilité, il serait difficile d'admettre la présence de la plante dans la vallée de la Whagi il y a 1200 ans.

Variation de la plante

Dans une étude portant sur 42 caractères, Yen (1974, 1971) indique que les différences pouvant exister entre les populations de cultivars de Polynésie et de Mélanésie s'atténuent sur les îles en

situation intermédiaire à cause des échanges de matériels génétiques. L'explication la plus plausible de ces mélanges semble résider dans l'activité des missionnaire, souvent recrutés en Polynésie occidentale dans les missions de Mélanésie, et qui auraient ainsi pu introduire les plants.

Lexicologie

La même origine missionnaire a été attribuée aux variantes du mot polynésien kumara, désignant la patate douce, recensées dans les îles de Mélanésie, y compris Tawala dans l'archipel des Louisiades, à l'est de la Nouvelle Guinée (Yen 1974). Que ce nom fût associé à la plante à l'époque préhistorique est discutable.

Rapports historiques

La patate douce ne figure pas dans les premiers documents européens sur la Polynésie occidentale, quoique d'autres plantes à racines comme l'igname *Dioscorea* et le taro *Colocasia* soient mentionnées. L'exception, toutefois, est Tonga où un colon européen appelé Mariner (1818) mentionnait la présence de « kumala » à la fin du XVIIIème siècle. Les rapports de débarquement de Cook en 1773 sur Tonga (Beaglehole 1961), et la narration (Heeres 1898) de la découverte de l'île par Abel Tasman en 1643 ne font aucune référence à la patate douce, de telle sorte que sa présence à cette époque ne peut être établie, bien que des plantes à racines autres que l'igname mais sans nom précis se aient mentionnées par d'anciens chroniqueurs.

Quelques documents espagnols datant des premières reconnaissances de terres dans le Pacifique, ont pu être injustement négligées pour erreur d'identification. La relation oculaire de la découverte de Guam et des Philippines par Magellan en 1521 (Pigafetta 1969) fait référence au kamote en tant que produit agricole, aux deux endroits. La fatale expédition de Mendana, en 1595, à Santa Cruz aux Salomon orientales, a laissé une description faite par Quiros (Markham 1904) de « trois ou quatre sortes de racines », dont l'une « a un goût sucré, les deux autres piquant un peu la langue ». Il est difficile d'associer ceci à une quelconque plante à racines océanique autre que la patate douce. Dans la narration faite par Legaspi de la découverte de Majit, une des îles Marshall du nord en Micronésie orientale (Sharp 1960), la plante est mentionnée à nouveau. Cependant, dans une autre traduction (Blair et Robertson 1965) le passage en question est traduit comme suit : « ils s'occupent de cultures maraîchères qui leur procurent certaines racines dont ils font du pain. »

Rapport ethnographique

Au cours de travaux de terrain récents dans les Salomon orientales, des informateurs sur Santa Cruz et Tikopia, où l'on parle le polynésien, affirment chacun de leur côté que les formes actuelles de patates douces sont d'introduction récente, mais qu'antérieurement il existait des variétés inférieures d'origine inconnue. Cette information n'est pas concordante dans toute la région, et pourrait très bien être laissée de côté mais, jointe aux informations citées plus haut, elle pourrait appuyer l'idée d'une pénétration préhistorique de la patate douce en Mélanésie à partir de la Polynésie.

ADAPTABILITE DE LA PATATE DOUCE

L'adaptabilité de la patate douce à une large gamme de conditions édaphiques et climatiques est amplement démontrée en Océanie. Sur les atolls, les îles formées par les récifs de corail, les îles volcaniques et les masses continentales, la plante est rarement absente de la liste des plantes cultivées. Cependant, le facteur humain a joué un rôle important dans l'histoire de l'adaptation, à la fois sur le plan social et technique.

Les techniques utilisées pour la culture de la patate douce, en conformité avec son adaptabilité, sont habituellement simples et s'intègrent bien à l'agriculture itinérante typique de coupe et de brûlis et celle utilisant le baton à fouiller. Malgré tout, il existe des cas où le milieu est modifié par des pratiques culturales plus intensives qui semblent être liées à des difficultés écologiques naturelles. Le système de drainage utilisé dans les marais de Nouvelle Guinée (Figure 3 a) mentionnés plus haut, constitue un bon exemple. Dans ce type d'environnements, qui peuvent être qualifiés de marginaux en agriculture tropicale, les systèmes de drainage supposés avoir été mis au point pour la culture de *taro Colocasia* ont été par la suite adaptés à celle de la patate douce. Celle-ci a fini par dominer dans des champs drainés en permanence de même que dans la culture itinérante à flanc de coteau de Nouvelle-Guinée.

Il existe, en Afrique, un cas parallèle intéressant de développement agricole. Hahn (communication personnelle) a observé des pratiques de drainage similaires pour la patate douce dans les vallées intérieures du Rwanda (Figure 3 b). Serait-ce également un cas de développement postcolombien ? Là encore, l'histoire ne donne pas une réponse claire, car Christophe Colomb (Jane 1960) dit, au sujet des racines à goût de châtaigne trouvées à Haïti en 1492, qu'il les avait déjà trouvées plus tôt en Guinée, ce qui suggérerait une introduction plus ancienne à partir de l'Amérique, par l'océan Atlantique.

Les montagnes de Nouvelle Guinée offrent la plus grande variété d'adaptations agronomiques de la culture de la patate douce en champs permanents et semi-permanents ou à longues rotations, ainsi qu'en champs itinérants (Figure 4 a) habituellement sur le versant des montagnes (Brookfield 1962).

Figure 4. Culture de patate douce sur le versant des montagnes.
A) Les potagers entourés de murs des versants montagneux de la vallée de Baliem, Irian de l'ouest, complétant la production de patates douces des marais de la vallée (Photo : J. Golson).
B) L'intégration de la culture de versant de patate douce avec celle de la culture irriguée du riz en terrasses à Ifugao, aux Philippines. La végétation secondaire couvrant les versants signale les anciens champs de patate douce ; les cultures actuelles s'aperçoivent dans le coin supérieur droit de la photographie, matérialisées par des rangs en travers du versant (Photo : H. C. Conklin)

En Nouvelle Zélande, les Maoris solutionnent le problème du froid en cultivant la patate douce exclusivement comme une plante annuelle. Les racines sont conservées dans des fosses creusées dans le sol en vue de la consommation hivernale et comme matériel de plantation. C'est une méthode ancienne de traitement post-récolte de la culture. De plus, les Maoris ont inventé le « kao » qui est un produit sec confectionné à partir de racines cuites, et d'une bonne conservation. C'est probablement en Chine méridionale que le potentiel de transformation des racines a été le mieux exploité, car en plus d'un produit analogue au kao consommé comme friandise, les agriculteurs ont mis au point des farines capables de se conserver, des granulés semblables au sagou et des flocons séchés.

La plus importante adaptation de la patate douce, acquise sous l'influence de l'homme, est celle qui lui a permis de s'intégrer dans des systèmes de culture dont la diversité n'est que suggérée par les variations de l'environnement. C'est une plante relativement facile à cultiver, qui, sous les tropiques, ne montre pas de caractère saisonnier strict, si bien qu'elle peut être associée, dans des champs mixtes, à d'autres plantes à tubercules ou à racines, d'autres espèces légumières, voire même des céréales, comme dans les « swiddens » de riz des Hanunoo (Conklin 1957) aux Philippines. Elle est un fidèle pourvoyeur de denrées féculentes et est souvent intégrée dans des cycles de cultures indigènes où elle a le rôle secondaire de plante fourragère, occupant souvent des terres de qualité inférieure. Un certain nombre d'exemples d'une telle intégration ont été décrits (Yen 1974), mais une récente recherche sur la plantation Ifugao du centre de l'île de Luçon mérite une attention particulière. Dans ce qui doit être un des systèmes de subsistance les plus sophistiqués, la patate douce occupe une position clé dans le cycle de production alimentaire, caractérisé, à la fois au plan technologique et rituel, par la spectaculaire culture en terrasses de riz irrigué (Figure 4 b). Conklin (1980), dans son étude sur la famille, note une consommation moyenne de riz et de patate douce dans un rapport de 40:38. Dans les vallées centrales les plus riches, il calcule que la proportion peut atteindre 5:1 en faveur mais, dans les territoires marginaux plus escarpés, ce rapport est inversé en faveur d'une nette dominance de la patate douce dans le régime alimentaire. La part de racines et de verdure utilisée pour l'élevage du porc n'est pas prise en compte dans ces calculs ; il est clair que l'importance de la patate douce dans cette économie est très grande.

Le rôle culturel positif, bien qu'indirect, de la patate douce est patent dans cet exemple comme il l'est dans le cadre de l'élevage porcin en Papouasie-Nouvelle Guinée ; en effet, dans ces deux régions, le porc est une figure maternelle essentielle des cycles cérémoniels, même si elle fait l'objet de manifestations différentes. Toutefois, dans de nombreuses régions d'Océanie, et particulièrement en Polynésie tropicale, le statut de la patate douce comme denrée pour l'alimentation humaine, est souvent aussi déprécié qu'en Asie. Nous avons déjà observé qu'en Polynésie, la plante ne devient dominante qu'aux sommets du triangle polynésien. Elle est la seule plante tropicale apportée des tropiques en Nouvelle Zélande par les Maoris à s'être adaptée aux conditions saisonnières tempérées, et à perdre ainsi immédiatement son statut d'aliment inférieur. L'île de Pâques constitue un cas assez similaire car, bien que taro et igname y poussent, la patate douce s'est avérée un producteur plus sûr, sous ce climat rigoureux quoique tropical. Hawaï, en bordure des tropiques, présente une situation plus complexe, partagée en partie par l'île de Pâques et la Nouvelle Zélande ; comme il s'agit d'un des derniers archipels à avoir été peuplé, la patate douce arriva probablement avec les premiers hommes de Polynésie orientale, en même temps que le taro et l'igname. En de telles circonstances de compétition, les mérites relatifs des trois plantes à racines ont été plus faciles à identifier. Par contre, dans le cas de la Polynésie tropicale, la patate douce a fait son entrée dans des systèmes déjà établis mettant en valeur le complexe traditionnel important igname-taro qui ainsi répondait au classement des adaptations aux environnements sec-humides que Barrau (1965) avait élaboré. A Hawaï, les systèmes organisés se divisaient en parcelles irriguées pour la culture du taro et en superficies spécialement réservées à la culture de l'igname, tandis que la patate douce prenait un rôle majeur pour l'alimentation humaine et animale (Handy 1940 ; Handy et Handy 1972) dans les régions plus marginales. Il est significatif qu'à Hawaï, sur l'île de Pâques et en Nouvelle Zélande, à l'exclusion de toute autre région de Polynésie, la patate douce soit profondément incrustée dans la tradition indigène et des récits historiques et soit soumise à des rituels agricoles. Intéressante confirmation de l'effet de la hiérarchie des plantes cultivées, il n'y a que très peu d'exemples d'utilisation de la patate douce dans le folklore de la région allant des montagnes de Nouvelle Guinée aux îles mélanésiennes, contrairement à ce qui peut être constaté pour l'igname et le taro. Une situation similaire prévaut à Ifugao, où le riz et le taro sont les principales plantes symboliques des rituels (Conklin 1980), ce

qui reflète à nouveau leur ancienneté par rapport à la patate douce. Dans des sociétés beaucoup plus stratifiées comme celle de la Chine pré-révolutionnaire (Yang 1945), le statut alimentaire inférieur de la patate douce reflétait directement la position économique des différentes classes de consommateurs.

En 25 années de travail sur le terrain en Océanie, l'auteur a noté une dépendance croissante des secteurs de subsistance des économies en évolution vis-à-vis de la patate douce. Le glissement de l'agriculture de subsistance vers une agriculture commerciale (Yen 1980) a mis en relief la supériorité de la patate douce sur les autres cultures traditionnelles, surtout en termes d'intrants relatifs en main-d'œuvre et de la part de cet investissement pouvant être consacrée à la culture de rente. Là où la population augmente, la préférence accordée à la patate douce par rapport aux cultures de racines et arboricoles, antérieurement importantes mais souvent devenues aujourd'hui des composantes secondaires des systèmes culturaux, témoigne de sa capacité productive. Là où la population décroît à cause de l'émigration, comme aux Iles Cook (Ward et Proctor 1980), la patate douce est cultivée parce qu'elle demande moins de travail que les autres plantes féculentes comme le taro.

Bien que difficile à quantifier, il semble que le parti pris contre la consommation de patate douce, du moins en Océanie, est en train de s'atténuer en présence d'une situation économique en constante mutation. A beaucoup d'endroits, la production est déja commercialisée à petite échelle et la patate douce, tout comme cette autre grande plante féculente américaine, le manioc, sont en passe de devenir dominantes au fur et à mesure que le préjugé contre elles s'efface. La Papouasie-Nouvelle Guinée, par contre, fournit un intéressant exemple de changement en matière de préjugés alimentaires. Alors que la patate douce, le sago et le taro constituaient l'alimentation dominante avant le développement du pays, la préférence est maintenant donnée, avec l'urbanisation et l'augmentation des revenus, au riz importé. Il s'agit là d'une tendance notable dans beaucoup de pays du Pacifique (Castle 1980) et les efforts déployés pour la contrecarrer en augmentant les surfaces plantées en plantes amylacées, (patate douce en particulier), en conditionnant les plantes à tubercules pour leur donner les facultés de conservation du riz, et même en contrôlant les importations, ont jusqu'à présent eu peu de succès.

Le potentiel productif des plantes amylacées en énergie est un sujet qui figure dans la plupart des études sur le développement économique dans le Pacifique. Mais, dans le cas des petites îles, les problèmes d'échelle de production et les efforts d'autosuffisance alimentaire éclipsent peut-être l'intérêt économique d'une conversion technologique. Sur les territoires plus étendus, et spécialement en Nouvelle Guinée, les options sont plus larges, avec l'utilisation du *sago Metroxylon* et autres palmiers, en peuplements naturels ou cultivation de marais comme alternative la plus évidente pour la production d'énergie, gênant très peu les autres aspects du développement agricole.

CENTRES SECONDAIRES DE VARIATION

L'adaptabilité génétique de la patate douce est également importante. Bien que sa distribution dans les tropiques soit récente en termes d'histoire mondiale de l'agriculture, et que sa reproduction en culture soit universellement végétative, le potentiel de fréquence et de formation de nouvelles variations peut être réellement élevé dans les régions où la plante s'est pleinement adaptée. La preuve n'est pas faite d'une éventuelle perte de capacité de reproduction sexuée et bon nombre de cas de sélection fortuite de plantules ont été rapportées dans le Pacifique, en Asie et en Amérique. Il est vrai que les centaines de variétés recensées chez les agriculteurs de subsistance dans des régions comme les Philippines et la Nouvelle Guinée doivent leur existence à des semis accidentels plutôt qu'à des mutations somatiques ou à des échanges variétaux de région à région

et certainement plus qu'à de nouvelles introductions. La nature hétérozygote des clones de patate douce et le croisement pratiquement obligatoire comme seul système de sélection, permettent d'obtenir un large éventail de recombinaisons génétiques avec production naturelle de semences. La nature biologique de l'espèce se combine avec son traitement agronomique dans des sites de dominance (population élevée de plants) pour permettre la conservation d'une nouvelle et peut-être imperceptible variation dans le patrimoine génétique local. Une telle variation peut être le résultat de mutation ou l'effet d'une dérive génétique d'amplitude relativement faible au sein des populations originelles. La propagation végétative est un mécanisme conservateur, mais une sélection accidentelle de plantules à l'effet opposé. L'alternance des générations chez la patate douce est fortement marquée par le fait que, dans les tropiques, deux ou trois plantations par an sont habituelles, si bien que les chances de voir se produire une mutation ou une nouvelle variabilité d'autre nature sont plus grandes que chez les plantes strictement annuelles. Néanmoins, ce processus n'a pas conduit à une spécialisation géographique de l'espèce ; pas plus que l'influence de la reproduction sexuée n'a conduit à une diploïdisation plus grande des chromosomes à la méiose, excepté chez certaines variétés hautement sélectionnées, cultivées en Amérique du Nord.

D'après l'analyse par Yen (1974) des caractères cytologiques, morphologiques et physiologiques de sa collection de patates douces, il y a quelque évidence d'une nouvelle variation au sein de l'espèce. Dans les deux collections, américaine et polynésienne, on ne trouve aucun organe de reproduction glabre, alors que ce caractère est marqué chez les variétés asiatiques et mélanésiennes. Concernant le caractère plus économique qui est le poids spécifique des racines, une variété de Polynésie orientale a montré une valeur significativement inférieure à celles de la collection toute entière. Bien sûr, deux caractères aberrants parmi les 42 caractères mesurés peuvent être dus à l'échantillonnage, ou plus simplement à l'expression inhabituelle de l'hérédité multifactorielle liée à ces caractères. Mais ils pourraient signifier la possibilité d'une nouvelle variation génétique, dont une partie pourrait se montrer particulièrement adaptative aux nouveaux environnements vers lesquels l'espèce a été transportée.

Des considérations comme celles-ci ont permis de jeter les bases de l'organisation de la collection mondiale des ressources génétiques de la patate douce (IBPGR 1981), pour laquelle des centres secondaires de variabilité — Nouvelle Guinée, les Philippines, certaines parties de l'Afrique — constitueront le pôle d'intérêt, une fois que l'exploration initiale de l'Amérique Centrale et du Sud sera terminée.

CONCLUSION

L'amélioration des plantes et l'étude sur l'hérédité pourraient toutes deux bénéficier des connaissances sur l'historique de la distribution de la patate douce. Avec les progrès du génie génétique, les possibilités d'incorporation de caractères désirables à partir d'autres espèces semblent aujourd'hui moins lointaines qu'autrefois.

BIBLIOGRAPHIE

AUSTIN, D. F. 1977a. Hybrid polyploids in *Ipomoea* section *batatas*. J. Hered. 68:259-60.

AUSTIN, D. F. 1977b. Another look at the origin of the sweet potato (*Ipomoea batatas*). *In* 18th Annual Meeting Soc. for Econ. Bot., Univ. Miami and Fairchild Tropical Garden. June 11-15, 1977.

AUSTIN, D. F. 1978. The *Ipomoea batatas* complex I. Taxonomy. Bull. Torrey Bot. Club 105:114-129.

BARRAU, J. 1965. L'Humide et le Sec. J. Polynesian Soc. 74:329-346.

BEAGLEHOLE, J. C. (ed) 1961. The journals of captain James Cook Vol. 2. Cambridge Univ. Press for Hakluyt Soc.

BLAIR, E. and J. A. ROBERTSON (transl) 1965. Legazpi's voyage of discovery and conquest of the Philippines (1564-1565) by Esteban Rodriguez. *In* The colonization and conquest of the Philippines by Spain. Filipiniana Book Guide, Manila. p. 41-73.

BRAND, D. D. 1971. The sweet potato: And exercise in methodology. *In* Man across the sea (eds) C. L. Riley, J. C. Kelley, C. W. Pennington and R. L. Rands. Univ. Texas Press, Austin and London. p. 343-365.

BROOKFIELD, H. C. 1962. Local study and comparative method: An example from central New Guinea. Annuals Asso. Amer. Geographers 52:242-254.

CASTLE, L. 1980. The economic context. *In* South Pacific agriculture: Choices and constraints (eds) R. G. Ward and A. Proctor. 106-136.

CONKLIN, H. C. 1957. Hanunoo agriculture. FAO, Rome.

CONKLIN, H. C. 1980. Ethnographic atlas of Ifugao. Yale University Press, New Heaven and London.

DENSLEY, D. R. J. n.d. Marketed fruits and vegetables. *In* Agriculture in the economy: A series of review papers. Dept. Primary Industries, Port Moresby.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) 1978. Yearbook. Rome.

FREDERICI, G. 1929. Zu den Vorkolumbischende Sudsee Volker mit Amerika. Anthropos 24:441-487.

GOLZON, J. 1971. Aboriginal food plants. Some ecological and cultural considerations. *In* Aboriginal man and environment in Australia (eds) D. J. Mulvaney and J. Golson. Australian National Univ. Press, Canberra. p. 196-235.

GOLSON, J. 1976a. No room at the top. Agricultural intensification in the New Guinea highlands. *In* Sunda and Sahul (eds) J. Allen, J. Golson, R. Jones. Acad. Press, London, N. Y. San Francisco. p. 601-638.

GOLSON, J. 1976b. The making of the New Guinea highlands. *In* the Melanesian environment (ed) J. Winslow. Australian National Univ. Press, Canberra. p. 45-46.

GOLSON, J. 1981. The history of the sweet potato in the New Guinea highlands. Dept. of Prehistory, RSPacS, Australian National Univ. (unpublished).

GOLSON, J. and P. J. Hughes. 1976. The appearance of plant and animal domestication in New Guinea. *In* Pretirage, la prehistorie Oceaniene, Colloque XXII Ninth Congress of Union Internationale des Sciences Prehistoriques et Protohistoriques, Nice, Sept 1976.

GREEN, R.C. 1976. Conclusion. *In* Southeast Solomon Islands cultural history (eds) R.C. Green and M. M. Cresswell. Royal Soc. New Zealand, Wellington. p. 267-270.

HANDY, E. S. C. 1940. The Hawaiian planter. Bishop Museum Bull. 161, Honolulu, Hawaii.

HANDY, E. S. C. and E. G. HANDY. 1972. Native planters in old Hawaii. Bishop Museum Bull. 233, Honolulu, Hawaii.

HERDREN, E. H. 1976. 1898. Abel Janszoon Tasman's Journal. Mueller, Amsterdam.

HERDREN, E. H. 1976. Recent settlement pattern changes on Ulawa, southeast Solomon Islands. *In* Southeast Solomon Islands cultural history (eds) R. C. Green and M. M. Cresswell. Royal Soc. New Zealand, Wellington. p. 149-159.

HEYERDAHL, T. 1952. American Indians in the Pacific. Allen and Unwin, London. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1981. Report of IBPGR working group on the genetic resources of sweet potato. Rome. 30 pp.

JANE, C. (transl) 1960. The journals of Christopher Columbus. Anthony Blond and Orion Press, London.

LATZ, P. 1981. Bushfires and bushtucker: Aborigines and plants in central Australia. Conservation Commission of Northern Territory, Australia (unpublished)

MARINER, J. 1818. An account of the natives of Tonga. Murray, London.

MARKHAM, C. R. 1904. The voyages of Pedro Fernandez Quiros 1591-1606. Hakluyt Soc., London.

MARTIN, F. W. and A. JONES. 1972. The species of *Ipomoea* closely related to the sweet potato. Econ. Bot. 26: 201-215.

NISHIYAMA, I. 1971. Evolution and domestication of the sweet potato. Bot. Mag. Tokyo 84: 377-387.

PIGAFETTA, A. (transl by J. A. Robertson). 1969. First voyage around the world. Filipiniana Book Guild, Manila.

POWELL, J. M., A. KULUNGA, R. MOGE, C. PONO, F. ZIMIKE and J. GOLSON. 1975. Agricultural traditions of the mount Hagen area. Dept. of Geography Occasional Paper 12, Univ. Papua New Guinea.

SHARP, A. 1960. The discovery of the Pacific I[illegible] on Press Oxford. Stanner, W. E. H. 1979. White man got no dreaming. ANU Press, Canberra.

TING, Y. C. and A. KEHR. 1953. Meiotic studies in the sweet potato. J. Hered. 44: 207-211.

WADDELL, E. 1972. The round builders. Univ. Washington Press, Seattle and London.

WARD, R. G. and A. Proctor (eds). 1980. South Pacific agriculture: Choices and constraints. Asian Development Bank, Manila and Australian National Univ. Press, Canberra.

YANG, M. 1945. A Chinese village. Columbia Univ. Press, N. Y. and London.

YEN, D. E. 1971. Construction of the hupothesis for distribution of the sweet potato. *In* Man across the sea (eds) C. L. Riley, J. C. Kelley, C. W. Pennington, R. L. Rands. Univ. Texas Press, Austin and London. p. 328-342.

YEN, D. E. 1974. The sweet potato and Oceania. Bishop Museum Bull. 126. Honolulu, Hawaii.

YEN, D. E. 1980. Pacific oroduction systems. *In* South Pacific Agriculture: Choices and constraints (eds) R. G. Ward and A. Proctor. Asian Development Bank, Manila. Australian National Univ. Press, Canberra. p. 73-106.

Variétés de patate douce à maturation précoce, sélectionnées par l'AVRDC

LA PATATE DOUCE: ALIMENT COMPLÉMENTAIRE

T. H. YANG
Département de Chimie Agricole, Collège d'Agriculture, Université Nationale de Taiwan, Taipei, Taiwan.

INTRODUCTION

La patate douce, le riz et la canne à sucre ont été pendant de nombreuses années les trois principales cultures à Taiwan. En 1958, la patate douce fournissait 11 % de la consommation calorique moyenne de la population de Taiwan (Yang et Blackwell 1961). Elle était particulièrement importante dans les zones rurales où elle couvrait 44 % de la consommation calorique totale. La patate douce était cuite seule ou avec du riz et servait de denrée vivrière de base. De plus, la patate douce constituait auparavant la principale source de nourriture énergétique pour la production animale. Le rôle prépondérant de la patate douce dans l'alimentation humaine a été graduellement remplacé au profit du blé importé. La consommation croissante de produits animaux (Yang et al. 1975 a, 1977), de fruits et de légumes a également contribué à réduire la consommation de patate douce et de riz. D'après une récente enquête diététique (Hsieh et al., 1976) la consommation humaine des patates douces à Taiwan n'atteint plus que moins d'un tiers de ce qu'elle était. En conséquence, la production annuelle de patate douce a décru jusqu'à moins de la moitié de son niveau optimal (JCRR — Commission Mixte de Reconstruction Rurale — 1976 ; PDAF — Département Provincial d'Agriculture et des Eaux et Forêts — 1978).

LA TENEUR EN PROTEINE FONCTION DES VARIETES ET DES PRATIQUES CULTURALES

La teneur en protéine de la patate douce et sa qualité sont deux des facteurs les plus importants à considérer lorsque la patate douce est utilisée comme denrée de base complémentaire et aliment de fourrage. En 1967, mes assistants de laboratoire ont collecté des patates douces produites localement par de nombreuses stations d'agriculture et les ont analysées pour leur teneur en protéine brute (Yang et al. 1967 a). Parmi les variétés évaluées, Okinawa 100 montrait le taux le plus élevé de protéine brute (4,8 et 7,5 % poids sec). D'autres exemples sont : Tainung 57 (3 à 6,3 %), Tainung 60 (3,1 à 6 %), Hong-Hsin Wei (3 à 4,7 %), Tainung 45 (2,5 à 4,9 %), Tainung 31 (3,2 à 4,3 %), Hsin-Tsu 1 (2,9 à 4,7 %) et Tainung 59 (4,2 à 2,9 %). Les résultats d'une autre expérience ont montré que les teneurs en protéine brute et en lysine — principal acide aminé limitant des céréales — étaient influencées de manière significative par le lieu de culture et la variété. Ainsi, le taux de lysine de la protéine brute de la patate douce variait de 2,5 à 5,7 % et la thréonine — second acide aminé limitant des céréales — de 2,6 à 4,9 % (Yang et al. 1975 b).

Nous avons observé une grande variation des données ci-dessus, même pour une même variété. C'est pourquoi, en vue de minimiser la variation due à la localisation et aux pratiques culturales, une autre étude a été réalisée sous des conditions contrôlées à un même endroit (Yang et al. 1976). Dans le cadre de cette étude, cinq variétés de patate douce (Tainung 60, Tainung 57, Hong-Hsin Wei, 70 Ju-Chao et Okinawa 100) ont été cultivées à quatre niveaux de fertilité comme il est montré ci-après :

Code	Taux de fertilisation kg/ha
Témoin	Zéro
Bas	40 N - 20 P - 80 K
Moyen	80 N - 40 P - 160 K
Haut	120 N - 60 P - 240 K

Les patates douces ont été récoltées à 161 jours (cycle court et à 192 jours (cycle long). Pour quatre des cinq variétés, la production de racines la plus élevée, à la fois en poids sec et frais, fut obtenue au niveau moyen de fertilisation, alors que la cinquième variété atteignait son plus haut rendement en racines au niveau de fertilisation inférieur. D'autre part, la teneur en protéine brute s'est avérée proportionnelle au taux de fertilisation. La production de racines a augmenté en retardant la récolte à 192 jours, ce retard provoquant toutefois une baisse de la teneur en protéine brute. L'accumulation d'amidon était le principal responsable du rendement plus élevé obtenu à 192 jours, comparé à celui de la culture récoltée à 161 jours. On a également observé que le taux de lysine baissait avec l'élévation du niveau de fertilisation, malgré l'augmentation de la teneur en protéine brute des traitements à fertilisation élevée. La prolongation de la période de culture faisait diminuer la teneur en lysine et en thréonine. D'autre part, la distribution d'aspartate augmentait avec le niveau de fertilisation, dans le cas de culture de cycle court. Ces résultats indiquent que la teneur plus élevée en protéine brute, qui va de pair avec l'augmentation de la quantité en éléments fertilisants, s'explique principalement par une augmentation en protéine à teneur relativement élevée en aspartate. Pour la culture à cycle long, trois des cinq variétés (Tainung 60, Hong-Hsin Wei et 70 Ju-Chao) ont révélé une baisse de la teneur en aspartate. Ce phénomène signifie qu'une quantité considérable de produits de décomposition de la protéine à teneur relativement élevée en aspartate s'élaborent suite à une durée de végétation prolongée. Le taux de méthionine augmente avec le niveau de fertilité et avec la prolongation du cycle cultural. Les résultats de ces études révèlent ainsi que le taux de lysine de la patate douce est plus élevé que celui du riz et de la farine de blé.

Les taux d'acides aminés libres ont montré une réaction semblable à celle de la méthionine. Le rapport N ammoniacal/N total a varié de 0,03 à 0,06 % pour trois des cinq variétés testées, et de 0,11 à 0,17 % pour les deux autres variétés. Le taux d'ammoniaque diminue lorsqu'on allonge le cycle cultural. Le rapport Nitrates/N total a varié de 0,06 à 0,3 % suivant les variétés et les conditions de culture. Le rapport Nitrites/N total a varié de 0,002 à 0,007 % pour la culture de cycle court et de 0,004 à 0,01 % pour la culture de cycle long.

VALEUR BIOLOGIQUE DES PROTEINES DE LA PATATE DOUCE

La qualité de la protéine de la denrée vivrière de base est un autre aspect important au plan nutritionnel. C'est pourquoi nous avons décidé de déterminer la valeur biologique de la protéine du régime alimentaire en nourrissant des rats mâles et femelles âgés de 6 mois avec de la patate douce, complétée dans une forte proportion par de la farine de blé ou par du riz.

La digestibilité réelle de la protéine des rations à base de farine de son de riz précuite et de farine de son de blé précuite diminuait légèrement quand on en remplaçait 30 % avec de la patate douce précuite. L'emploi de 30 % de patate douce séchée correspondait au remplacement de 25,5 % de protéine brute de riz, de farine de blé ou de leur mélange. La valeur biologique augmentait de 72 à 80 pour les rats mâles et de 65 à 71 pour les rats femelles lorsque 30 % de la farine de blé était remplacée par de la patate douce. La même tendance fut observée lorsqu'une partie de la ration de farine de son de riz était remplacée par de la patate douce ; on observait alors un

accroissement de la valeur biologique de 87 à 89 pour les rats mâles et de 80 à 83 pour les femelles. Ces résultats corroboraient les observations antérieures en montrant que les racines de patate douce ont un taux de lysine plus élevé que celui de la farine de riz ou surtout de blé. La lysine est le premier des acides aminés limitants de la protéine des farines de riz et de blé.

Notre étude du riz et de la patate douce dans le cadre de l'amélioration qualitative du régime alimentaire des habitants de Taïwan a montré que la substitution du riz par 13 % d'équicalories provenant de la patate douce améliorait l'équilibre azoté du régime alimentaire de l'homme (Yang 1966 ; Yang et al. 1967 b). Le même traitement a prolongé la longévité des rats mâles et femelles en essai (Yang 1977).

ACTION DU PRECHAUFFAGE DE LA PATATE DOUCE CRUE POUR L'ELIMINATION DE L'INHIBITEUR DE LA TRYPSINE

Une étude de l'action de la chaleur sur la valeur nutritive de la patate douce a été réalisée en vue de renforcer l'intérêt des patates douces produites localement (Hsen et al. 1979). Les résultats obtenus avec des rats nourris avec des rations calculées et des rats nourris *ad libitum* ont révélé que la nourriture contenant de la patate douce préchauffée assure une meilleure efficienne nutritionnelle, une meilleure rétention de l'azote et un taux de croissance plus élevé que celle à base de patate douce non chauffée. La patate douce crue contient un inhibiteur de trypsine et, par conséquent, diminue la digestibilité des protéines contenues dans des rations confectionnées avec un mélange de grains de soja concassés, de son de blé et de patate douce crue. Cet inhibiteur de trypsine peut être détruit par un préchauffage de la patate douce crue. Le temps nécessaire à la destruction de l'inhibiteur contenu dans des extraits de patates douces crues était de 120, 60, 30, 15 et 10 minutes lorsque chauffés à des températures de 90°, 100° et 120° respectivement.

PROMOTION DE LA PATATE DOUCE COMME DENREE VIVRIERE COMPLEMENTAIRE

Plusieurs études ont été réalisées à Taïwan pour accroître la consommation de patates douces, combinées à la farine de riz et de blé et présentées sous forme de beignets, gâteaux, biscuits et autres pâtisseries (Lu 1977 ; données non publiées de l'Université Nationale de Taïwan).

CONCLUSION

La patate douce a autrefois contribué au régime alimentaire à Taïwan en tant qu'aliment de base. Potentiellement, elle pourrait constituer un complément alimentaire de valeur dans d'autres pays en développement. Nos recherches ont montré que la patate douce est un excellent complément vivrier pour des produits céréaliers comme la farine de riz et de blé. Bien que le contenu en protéine brute et la composition en acides aminés de la protéine de la patate douce varient en fonction des cultivars, des environnements, des méthodes culturales, et de la durée du cycle végétatif, elle est généralement riche en lysine et est un complément protidique intéressant pour les céréales. Une patate douce, riche en protéine et bénéficiant d'une fertilisation optimale peut promouvoir le rôle de la patate douce en tant que complément alimentaire pour l'homme. En outre,

les recherches ont prouvé qu'en remplaçant 30 %des rations alimentaires à base de riz et de blé par de la patate douce, on améliore la valeur biologique de la protéine diététique. Bien qu'accompagné par une légère diminution de la digestibilité des protéines, le remplacement de 13 % de l'énergie diététique du riz par celle de la patate douce améliore l'équilibre azoté du régime alimentaire de l'habitant de Taiwan. Ce traitement augmente également de longévité des rats, mâles et femelles, testés. Toutefois, pour assurer une bonne digestibilité, il est nécessaire de cuire les patates douces. La faible digestibilité des patates douces crues pourrait être due à la présence, dans la racine, d'une substance inhibitrice de la trypsine.

REMERCIEMENTS

L'auteur souhaite exprimer sa profonde reconnaissance aux personnalités suivantes pour l'aide qu'elles lui ont apportée pour la réalisation de ses recherches sur la patate douce, en matière de conception, de directives, d'assistance et de coopération : Dr Shih-Liang Chien, Dr Chen-Hsing Ten, Dr Ko-Chang Hsieh, Dr Ching-Chung Hsu et tous les professionnels de l'agriculture de Taiwan.

L'auteur est aussi reconnaissant au Conseil National des Sciences, à la Commission Mixte de Reconstruction Rurale, au Département de l'Agriculture des Etats-Unis et à l'Unité n°2 de Recherche Navale Medicale des Etats-Unis pour l'aide financière apportée à ces recherches.

BIBLIOGRAPHIE

HSEU, C. T. and T. H. YANG. 1976. Biological value of protein of rice, wheat flour and sweet potato. (in Japanese). *In* Proc. Ann. Meeting Japanese Agric. Chem. Soc. (abstract).

HSEU, C. T., C. J. HUANG, Y. C. TSAI and T. H. YANG. 1979. Studies on the effect of pre-heating of sweet potato raw material for the elimination of anti-tryptic factor and the improvement of feed efficiency. (in Chinese). Memoirs of the College of Agriculture, National Taiwan University. 19(2).

HSIEH, M. S., M. J. HSIEH and T. H. YANG. 1976. Results of national nutrition survey in Taiwan. (in Chinese). *In* Proc. Ann. Meeting Chinese Nutrition Soc. (abstract).

JOINT COMMISSION ON RURAL RECONSTRUCTION (JCRR). 1978. Food balance sheet. Taipei, Taiwan.

LU, J. L. 1977. Recipes in sweet potato. (in Chinese). Joint Publication of Provincial Dept. of Agric. and Forestry, Taiwan Supply Bureau and Shin Chien Home Economics School. Taiwan. 21 pp.

PROVINCIAL DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FORESTRY (PDAF). 1976. Agriculture and forest statistics of Taiwan. Taiwan.

YANG, T. H. and R. Q. Blackwell. 1961. Nutritional and environmental conditions in the endemic Blackfoot Area. J. Formosan Sci. 15(3). 101-129.

YANG, T. H. and R. Q. Blackwell. 1966. Nutritional evaluation of diets containing varying proportions of rice and sweet potato. *In* Proc. Eleventh Pacific Sci. Congress. Tokyo, Japan.

YANG, T. H., Y. C. Tsai, C. T. Hseu and R. Q. Blackwell. 1967a. Protein content of locally produced rice and sweet potato in Taiwan. (in Chinese). J. Chinese Agric. Chem. Soc. 5. 42-46.

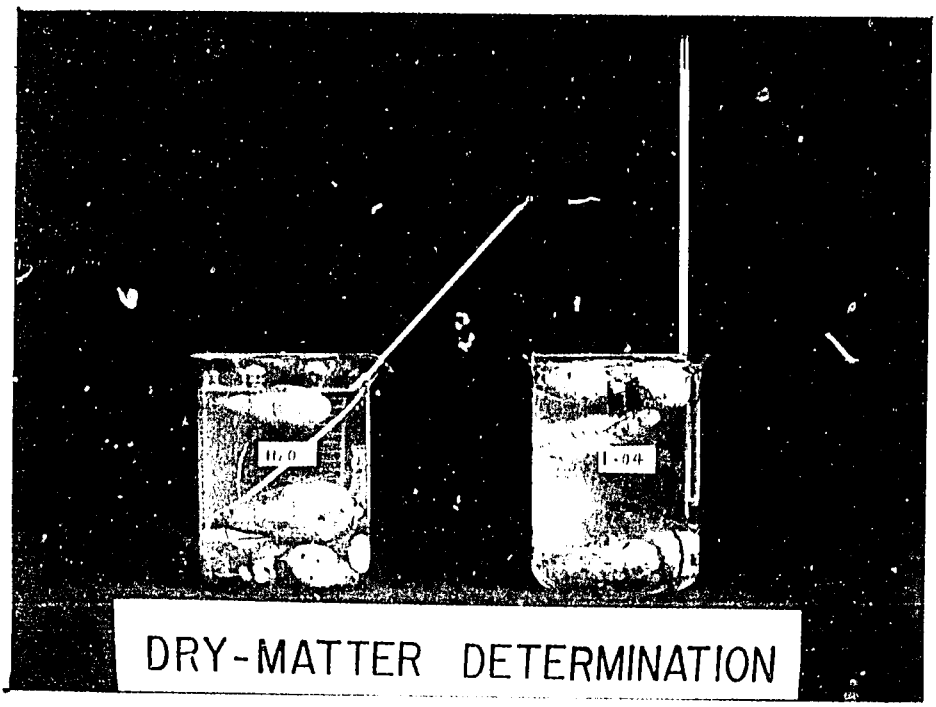
YANG, T. H., Y. C. TSAI, C. T. HSEU, H. M. LIN and W. T. CHEN. 1967b. Influence of partial sweet potato substitution in place of equi-calorie rice in average Taiwanese diet on nitrogen balance of adult men. (in Chinese). J. Chinese Agric. Chem. Soc. 5(1-2). 47-52.

YANG, T. H., Y. C. TSAI and C. T. HSEU. 1975a. Outlook on the food problem in Taiwan. (in Chinese). Bull. Agric. Chem. p. 1-3.

YANG, T. H., Y. C. TSAI, C. T. HSEU, H. S. KO, S. W. CHEN and R. Q. BLACKWELL. 1975b. Protein content and its amino acid distribution of locally produced rice and sweet potato in Taiwan. (in Chinese). J. Chinese Agric. Chem. Soc. 13:132-138.

YANG, T. H., C. T. HSEU, Y. C. TSAI, L. LEE, S. W. CHEN, M. J. HSIEH, L. U. LIN and C. S. TSOU. 1976. The influence of variety, fertilization and cultivation duration on sweet potato production, protein content and its amino acid distribution. (in Japanese). Ann. Meeting Japanese Agric. Chem. Soc. (abstract).

YANG, T. H. 1977. Agricultural products and national nutrition in Taiwan. (in Chinese). Scientific Administration. 4:125-163



Détermination de la matière sèche

LA VALEUR NUTRITIVE DE LA PATATE DOUCE

P.C HUANG
Département de biochimie, Université nationale de Taïwan Taipei, Taïwan.

INTRODUCTION

La patate douce contient approximativement 20 % d'amidon et 5 % de sucre simple, et elle est généralement considérée comme un aliment hautement énergétique. Dans certaines parties du monde, elle représente une culture vivrière de base. Elle contient aussi des quantités considérables de vitamine C (20-30 mg 100 g), et les variétés jaune foncé de patate douce peuvent fournir suffisamment de caroténoïdes précurseurs de la vitamine A pour assurer une bonne santé, à condition d'être consommées en quantités adéquates. Cependant, d'une façon générale la variation du contenu en carotène est considérable (0 - 8 000 U I 100 g). La vitamine B. (la thiamine) est également présente en quantités adéquates en termes de calories. 0,8-1,0 mg 1 000K cal, soit environ le double du taux requis par l'organisme humain. Le potassium (200-300 mg 100 g) est reconnu pour être le principal minéral présent, et le taux de fer (0,8 mg 100 g) est suffisant pour les amateurs de patate douce qui en consomment 2 kg ou plus par jour. Toutefois, la patate douce est une plante amylacée qui contient très peu de lipides (0,1 - 0,2 %). Le contenu en protéines (principalement sous forme d'une sorte de globuline) est généralement bas, fournissant environ 4-6 % du total des calories (1-2 % sur poids sec), bien que la composition de la patate douce en acides aminés soit raisonnable (note chimique : 80) et que l'acide aminé limitant soit la leucine. D'après certaines tables d'analyse des aliments, la patate douce obtient la note chimique de 65, les acides aminés contenant du soufre étant mentionnés comme limitants d'après la table de référence de la FAO OMS (1973) concernant la composition en acides aminés. C'est pourquoi, il est raisonnable de tenir pour établir qu'une déficience en protéine est probable, si la patate douce contribue pour plus de 90 % à la consommation totale en calories, quel que soit le régime alimentaire. Par conséquent, les consommateurs de patates douces doivent compléter leur ration alimentaire par des aliments riches en protéine comme le poisson, pratique adoptée par les aborigènes de la tribu Lan-Yu vivant sur l'île de l'Orchidée — une petite île située au sud-est de Taïwan.

Entre 1960 et 1970, plusieurs études réalisées en Nouvelle Guinée ont montré que les consommateurs de patates douces des montagnes de ce pays étaient en bonne santé, en dépit de équilibre azoté franchement négatif caractérisant leur alimentation quotidienne. Des chercheurs ont suggéré que la flore bactérienne intestinale de ces mangeurs de patates douces était capable de fixer l'azote gazeux et d'approvisionner ainsi leur hôte en acides aminés ; une explication intéressante mais difficile à accepter. Nos études ont en effet prouvé que cette conclusion était erronée (Huang et al. 1979).

Nous fîmes appel à la coopération de neuf jeunes gens de la tribu Yami de l'île de l'Orchidée, âgés de 16 à 24 ans. Dans le cadre de deux expériences différentes, ils reçurent des rations de patates douces (cuites à la vapeur, de la variété Tainung 57) qui contenaient 80 à 99 % du total des calories et 75 à 91 % du total des protéines. L'essai 1 dura 32 jours et l'essai 2, 53 jours. Dans l'essai 1 et durant les 36 premiers jours de l'essai 2, l'étude de l'équilibre azoté chez les sept adolescents du groupe fut conduite avec, respectivement, 0,67 et 0,71 g de protéine par kg de

poids. En théorie, les jeunes gens devaient montrer des équilibres azotés positifs. Cependant, les résultats de l'étude de l'équilibre azoté, basés sur la perte d'azote de la peau, furent de — 0,5 mg N/kg/jour dans l'essai 1 et de —3,2 mg N/kg/jour dans l'essai 2. La digestibilité de la protéine était d'environ 70 %. La teneur en azote du plasma urémique décrut de 8 à 11 à 2 et 3 mg/100 ml, et la composition du plasma acido-aminique montra une certaine anomalie, en ce sens que la valine, l'isoleucine et la leucine enregistrèrent une baisse significative. Ceci indiquait donc un certain degré de diminution des protéines chez les jeunes gens. D'autre part, les deux adultes ayant reçu 0,63 g/kg de protéine ne montrèrent pas les mêmes particularités. Et d'autres termes, les besoins minima des adultes en protéine sont couverts par environ 2,5 kg de patates douces par jour, complétés par un peu de poisson et de légumes. Nous avons pu aussi montrer que les selles des sujets consommateurs de patate douce sont incapables de fixer l'azote, que ce soit en conditions aérobies ou anaérobies.

La conclusion de cette étude est que la patate douce n'est pas capable à elle seule d'assurer une alimentation protidique adéquate chez les sujets en pleine croissance. Mais elle n'est pas aussi déficiente que certains le croient en disant qu'elle n'a aucune valeur au plan protidique. L'effet négatif du mauvais équilibre azoté n'est pas aussi important que certains chercheurs le rapportent. Pour les adultes consommant des patates douces pendant des périodes au moins égales à deux mois, le niveau de nutrition protidique est marginal, mais aucun signe apparent de carence en protéine ne s'observe, sinon une tendance facile à la fatigue. Toutefois, le volume fécal est important, environ 800 g en moyenne par jour en poids sec, dû au contenu en fibres élevé de la ration.

Nous avons récemment testé l'effet d'hypocholestérolémie de diverses rations diététiques à base de légumes riches en fibres sur des rats et trouvé que beaucoup d'entre elles, incluant des légumes feuillus, des pousses de légumes et de bambou, étaient capables d'abaisser le taux de cholestérol du sérum et du foie, si elles étaient consommées en quantités suffisantes. Nous avons aussi testé cet effet avec quatre variétés de patate douce. De la poudre de patate douce sucrée et séchée a été incorporée à des rations pour rats contenant 20 % de caséine à un taux de 20 %, ainsi que 1 % de cholestérol. Après une période d'alimentation de quatre semaines, les rats ont été tués, leur sang et leur foie étant recueillis aux fins d'analyse. Il s'est avéré que la patate douce ne faisait pas autant chuter le taux de cholestérol du sérum et le taux global de lipides que les autres légumes. Il est toutefois apparu qu'une variété de patate douce, Peng hu, abaissait significativement le taux de cholestérol du sérum et le taux global des lipides.

BIBLIOGRAPHIE

BERGERSEN, F. J. and E. H. HIPSLEY. 1970. The presence of N_2-fixing bacteria in the intestines of man and animals. J. Genet. Microbiol. 60:61.

FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. 1973. Energy and protein requirements. World Health Org. Tech. Report Series No. 522.

HUANG, P. C., N. Y. LEE and S. H. CHEN. 1979. Evidences suggestive of no intestinal nitrogen fixation for improving nutrition status in sweet potato eaters. Amer. J. Clin. Nutr. 32:1741.

LUYKEN, R., F. W. M. LUYKEN-KONING and N. A. PIKAR. 1964. Nutrition studies in New Guinea. Amer. J. Clin. Nutr. 14:13.

OOMEN, H. A. P. C. 1970. Interrelationship of the human intestinal flora and protein utilization. Proc. Nutr. Soc. 29:197.

LA RETICENCE A LA CONSOMMATION DE PATATE DOUCE

S. C. S. TSOU ET R.L. VILLAREAL
Centre Asiatique de Recherche et de Développement des Cultures Maraîchères (AVRDC), PO Box 42, Shanhua, Tainan 741, Taiwan

INTRODUCTION

Des barrières existent à l'encontre de la consommation de patates douces et en particulier dans les pays en développement, où pourtant, cette culture pourrait être des plus salutaires pour la lutte contre la malnutrition et la famine. Les préférences alimentaires constituent un problème complexe impossible à analyser simplement. La patate douce est effectivement un des nombreux aliments nourrissants, mais délaissés par les consommateurs des pays sous-développés. De fait, la plupart de ces denrées vivrières ne réunissent pas certaines conditions indispensables à leur acceptation sur le plan de la production, du conditionnement, de la distribution, de la conservation, de la préparation ou de la valeur culturelle. L'utilisation de ces cultures est moins courante que celle des céréales et les facteurs jouant contre leur consommation varient d'un cas à l'autre. La patate douce est consommée depuis des siècles dans beaucoup de régions du monde et pourtant, elle demeure une « culture de survie » ou une denrée de dernier recours. La population la consomme uniquement lorsqu'elle se trouve à deux doigts de la famine. Mieux nourrie, elle retourne alors à d'autres cultures.

L'objectif principal du présent document est d'analyser les raisons de cette réticence à la consommation de patate douce.

ALIMENT DE BASE OU LEGUME ?

Une question qui a été posée à satiété est celle de savoir si la patate douce est un aliment de base ou un légume. Elle peut être les deux suivant le point de vue où l'on se place. Par exemple, si elle est consommée après une préparation culinaire sommaire et en complément à d'autres aliments, elle est cataloguée comme légume. Si, par contre, elle constitue le plat principal, elle tombe dans la catégorie des denrées alimentaires de base. Etant donné que ceci est sujet de controverse, et que la patate douce est un produit avant tout asiatique, nous nous alignerons sur le mode asiatique de classification des aliments qui comporte trois groupes : la nourriture principale, la nourriture de complément et la nourriture de luxe (appelée quelquefois nourriture pour le plaisir). Les nourritures principales sont des produits vivriers de base comme le riz, le blé ou le maïs, qui sont énergétiques et présents à presque chaque repas. Dans la plupart des régions asiatiques l'aliment principal est le riz, qu'en Europe, en Amérique du Nord et dans certaines parties de l'Inde et de la Chine, c'est le blé qui l'aliment de base. Des aliments complémentaires comme la viande, les œufs et les légumes sont consommés avec l'aliment principal et apportent des protéines, les sels minéraux et les vitamines. Ils varient suivant les repas et suivant les saisons. L'aliment de luxe est considéré comme non essentiel et comprend les gâteaux, les crèmes glacées, les aliments confits, des boissons et ainsi de suite (Riley et Moomaw 1979). D'après cette classification, la

patate douce peut tomber dans trois groupes selon la méthode de préparation ou le niveau de consommation. Par exemple, une patate douce à chair blanche et à haute teneur en amidon, consommée en grosses quantités, est considérée comme étant une denrée vivrière de base. On apporte que bon nombre d'habitants de Papouasie-Nouvelle Guinée consomment chaque jour 3 à 5 kg de patates douces. Par ailleurs, du fait de sa richesse en bêta-carotène, en vitamine C, en sels minéraux et en fibres, elle peut être considérée comme légume typique. Une patate douce riche en sucre ou d'une couleur attrayante peut servir à la confection de produits confits et de friandises diverses, et prend alors le statut d'aliment de luxe. Dans nos discussions, toutefois, nous considérerons la patate douce comme denrée vivrière de base.

Que la patate douce ait le statut de plante de survie ressort clairement d'une examen de la situation à Taiwan. La Figure 1 illustre les disponibilités relatives par habitant en aliments principaux pour la période 1962-1977. Nous prenons la disponibilité alimentaire de 1962 comme base de comparaison. En tant que denrée vivrière de base, elle a contribué, en 1962, à 6,55 % de l'énergie alimentaire disponible. Cependant, elle est une importante source de vitamine A et de sels minéraux. La consommation de riz est restée constante pendant la période 1963-1977, tandis que celle des racines amylacées a diminué et que celle de toutes les autres catégories d'aliments a augmenté.

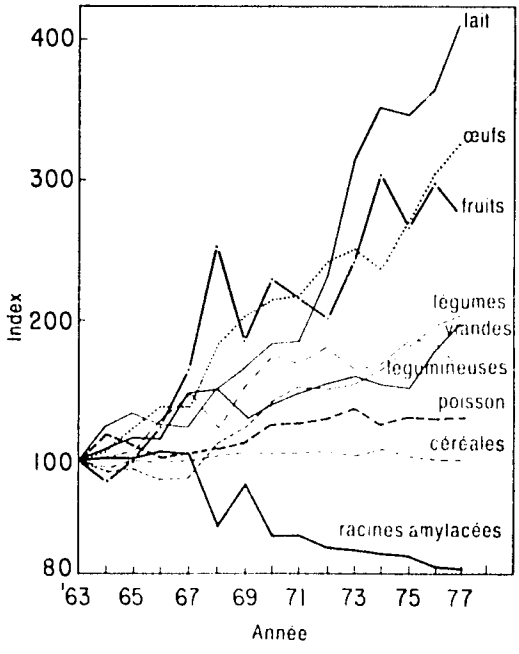


Figure 1 Evolution de la consommation relative de certains produits alimentaires à Taiwan, 1963-1977 (1963 est à 100).

La patate douce est la principale plante à racines amylacées reprise dans ce graphique. En 1977, la disponibilité en patate douce par habitant n'était que de 6,93 kg par an, contribuant seulement pour 0,73 % à la consommation quotidienne d'énergie (JCRR 1978).

En 1977, les économistes de l'AVRDC ont étudié le schéma alimentaire de la population de cinq villes de Taiwan. Ils ont observé que la consommation de patate douce était fonction du niveau de revenus, les bas revenus correspondant à une fréquence plus élevée de patate douce dans le

régime alimentaire (Calkins 1978). Nous ne disposons pas de données suffisantes pour établir des calculs semblables pour d'autres régions. Cependant, la même tendance semble exister. Le tableau 1 donne les disponibilités en énergie alimentaire et en patates douces de certains pays asiatiques pour les années 1964-66 et 1972-74 (FAO 1971 et 1977). A l'exception de la Chine et de l'Inde, la plupart des pays asiatiques sont parvenus, pendant cette période, à améliorer leur disponibilité en énergie alimentaire. Ces chiffres dénotent une meilleure disponibilité en aliments en tant que source de calories et, probablement, un niveau de vie plus élevé. De nouveau, la diminution de la consommation de patates douces est très sensible, excepté en Chine et en Inde. Cette tendance montre qu'il y a discrimination à l'égard de la patate douce. Des tendances similaires s'observent dans les pays d'Afrique et d'Amérique latine (Tableaux 2 et 3). En adoptant la même méthode pour étudier la consommation du manioc, on s'aperçoit que cette tendance est moindre (tableau 4), ce qui indique que le manioc est mieux accepté que la patate douce comme denrée vivrière de base.

Tableau 1. Disponibilité en énergie alimentaire et en patates douces dans certains pays asiatiques en 1964-66 et 1972-74

Pays	1964-66		1972-74	
	Energie (cal/homme/jour)	Patate douce (kg/homme/an)	Energie (cal/homme/jour)	Patate douce (kg/homme/an)
Chine	2379	68,9	2276	60,2
Inde	1964	2,1	1967	3,0
Indonésie	1760	25,4	2301	17,1
Rép. de Corée	2329	76,1	2749	28,7
Malaisie	2200	3,7	2539	1,0
Pakistan	1995	3,7	2128	2,0
Philippines	1911	20,4	1957	5,1
Thaïlande	2226	16,2	2302	7,2

Source: Bilan FAO

Tableau 2. Disponibilité en énergie alimentaire et en patates douces dans certains pays latino-américains en 1964-66 et 1972-74

Pays	1964-66		1972-74	
	Energie (cal/homme/jour)	Patate douce (kg/homme/an)	Energie (cal/homme/jour)	Patate douce (kg/homme/an)
Argentine	1865	14,2	3260	13,6
Bolivie	1765	45,8	1858	48,4
Brésil	2541	15,1	2537	13,3
Chili	2516	65,4	2734	73,6
Equateur	1848	1,4	2084	1,0
Paraguay	2723	37,9	2714	27,6
Pérou	2271	10,2	2322	9,8
Uruguay	3023	26,4	2969	20,3
Venezuela	2367	8,9	2388	2,4

Source: Bilan FAO

POURQUOI CETTE RETICENCE ?

La préférence alimentaire est un phénomène social complexe, causé par de nombreux facteurs. Nous croyons que parmi les raisons principales à l'origine du refus de consommation de patate douce figurent les associations psychologiques négatives, les fluctuations saisonnières de l'approvisionnement, la richesse en sucre et la flatulence.

Tableau 3. Disponibilité en énergie alimentaire et en patates douces dans certains pays africains en 1964-66 et 1972-74

Pays	1964-66		1972-74	
	Energie (cal homme jour)	Patate douce (kg homme an)	Energie (cal homme jour)	Patate douce (kg homme an)
Angola	1911	22.6	1993	23.8
Burundi	2017	199.2	2324	186.5
Cameroun	2228	39.8	2379	21.0
Rep. Centrafricaine	2172	25.5	2318	28.9
Congo	2036	64.3	2261	62.7
Guinée	2059	20.4	1992	17.4
Kenya	2243	29.5	2137	26.3
Libéria	2287	6.5	1973	7.6
Mali	2131	12.1	1756	5.5
Niger	2178	4.4	1857	3.0
Rwanda	1910	67.5	2101	109.4
Sierra Leone	2155	3.4	2248	3.0
Soudan	2091	20.4	2067	1.6
Tanzanie	2144	19.5	1956	18.1
Ouganda	2157	141.5	2140	42.9
Zambie	2246	7.2	2014	3.4

Source: Bilan, FAO.

Tableau 4. Disponibilité en énergie alimentaire et en manioc dans certains pays africains en 1964-66 et 1972-74

Pays	1964-66		1972-74	
	Energie (cal homme jour)	Manioc (kg homme an)	Energie (cal homme jour)	Manioc (kg homme an)
Angola	1911	182.9	1993	174.8
Burundi	2017	11.8	2342	95.4
Cameroun	2228	104.0	2479	80.2
Rep. Centrafricaine	2172	353.9	2318	158.3
Congo	2036	241.7	2261	313.3
Gabon	2182	192.8	2226	269.6
Gambie	2315	15.5	2305	13.6
Ghana	2084	104.8	2291	112.5
Guinée	2059	86.5	1992	76.2
Côte d'Ivoire	2430	71.7	2621	79.0
Kenya	2243	41.7	2137	35.5
Libéria	2287	200.7	1973	163.0
Madagascar	2387	74.2	2361	59.6
Malawi	2131	11.4	1756	1.5
Mozambique	2127	301.6	1987	243.2
Niger	2178	23.0	1857	29.4
Nigéria	2166	102.6	2071	114.2
Rwanda	1901	15.8	2101	24.3
Sénégal	2299	41.9	2180	23.7
Sierra Leone	2155	25.8	2248	24.8
Somalie	1770	6.8	1915	7.9
Soudan	2091	126.3	2067	57.6
Tanzanie	2144	86.8	1956	65.2
Ouganda	2157	260.0	2140	65.6
Zambie	2246	35.3	2014	33.2

Source: Annales équilibre alimentaire, FAO

Réactions psychologiques

Le refus de consommer de la patate douce est partiellement de nature psychologique. Par exemple, les Philippins et les Taiwanais qui purent survivre grâce à cette culture pendant la Seconde Guerre Mondiale n'en consomment plus que rarement à cause des souvenirs déplaisants de souffrances et de privations qui lui sont attachés. Parce que la patate douce est considérée comme une plante de survie et comme la nourriture du pauvre, elle devient une plante de standing inférieur. La situation s'aggrave encore dans certains pays montagneux où la patate douce est utilisée pour l'alimentation des porcs. De plus, il est naturel que l'agriculteur qui passe de la culture de la patate douce à celle du riz, en vue d'améliorer son revenu, consomme plus de riz et moins de patate douce.

Les fluctuations saisonnières de l'approvisionnement

Nous avons précédemment mentionné qu'un aliment de base entre dans la composition de chaque repas, ou presque. Pour répondre à ce critère, il faut pouvoir disposer de patate douce tout au long de l'année. Or, ceci n'est pas le cas à cause des problèmes de production, de distribution et de post-récolte. Bien que plante à racines tropicale, la récolte de la patate douce est, à Taïwan, généralement moins abondante de juillet à septembre que de février à avril (Lee 1978). L'approvisionnement limité de juillet à septembre provoque une hausse des prix de la patate douce. Par ailleurs la haute teneur en eau et en sucre de la patate douce favorise une détérioration rapide pendant le stockage, ce qui rend difficile, hors saison, la conservation de grosses quantités. Néanmoins, un traitement approprié et des installations de stockage adéquates permettent de conserver les patates pendant un à six mois (Ryal et Lipton 1979).

Le charançon de la patate douce nuit également au stockage efficace des racines. Cet insecte nuisible ne crée pas seulement un problème au stade de la production : les racines grélées possèdent aussi une valeur alimentaire réduite. Les patates douces parasitées par le charançon ont un goût très amer dû à la production d'ipomeamarone (Akazawa et al. 1960). Indépendamment de la toxicité de ce composé, le goût désagréable rend la patate douce peu acceptable pour l'alimentation humaine. Malheureusement, il n'existe toujours pas de moyen économique permettant de lutter contre cet insecte dans les pays en développement.

Teneur élevée en sucre

La patate douce ne peut être acceptée comme denrée vivrière de base à cause de sa teneur élevée en sucre (Villareal 1981). Un aliment riche en sucre libre peut élever le taux de glycémie dans le sang dans un court laps de temps et diminuer l'appétit (communication personnelle, T.H. Yang, professeur, Université Nationale de Taïwan). De plus, les aliments sucrés ont tendance à dominer le goût des autres aliments.

Flatulence

La flatulence ou les problèmes d'accumulation de « gaz », qui surviennent après avoir ingéré de grosses quantités de patates douces, ont été évoqués avec humour pour expliquer la faible acceptabilité de la patate douce. Ce problème, toutefois, n'a pas été étudié. Des hydrates de carbone indigestes pourraient entrer en jeu dans ce processus.

APPROCHES SUGGEREES

Dans certaines situations et régions du monde, il serait judicieux de promouvoir la patate douce comme denrée vivrière de base. Dans beaucoup de régions rizicoles, il paraît d'ailleurs possible de la promouvoir comme aliment complémentaire. Nous recommandons, dans ce but, ces approches suivantes :

1. Promotion par les media. Une campagne massive devrait être menée par l'intermédiaire de la presse, de la radio, de la télévision et d'affiches publicitaires attirantes. Pour l'appuyer, une équipe bien entraînée et très compétente de nutritionnistes vulgarisateurs devrait transmettre l'information aux écoles et aux consommateurs potentiels. (Villareal 1977).

Le programme actuel de développement de la patate douce pour l'alimentation humaine et animale et les industries de production d'amidon et d'alcool devrait permettre de lever les barrières psychologiques qui nuisent au prestige de la patate douce.

A l'AVRDC, nous considérons qu'une patate douce du type vivrier devrait présenter les caractères suivants : haute teneur en matières sèches et en protéine, faible teneur en sucre, texture sèche et chair blanche (Villareal 1981). Une variété riche en matières sèches se conservera mieux et aura également une meilleure qualité alimentaire. La teneur en matières sèches des patates douces cultivées dans les conditions de Taiwan varie de 13,6 à 35,1 % (AVRDC, données non publiées). La teneur en sucre de notre collection varie de 8 à 40 % en poids secs. Les lignées qui ont le moins de sucre en ont toutefois plus que les autres plantes vivrières de base. Néanmoins, en croisant des lignées peu sucrées, nous avons réduit la teneur moyenne en sucre de 13,4 % pour la collection à 10,2 % pour nos lignées sélectionnées ; il est dès lors peut-être possible de la réduire encore plus par sélection. Le taux de protéine de la plupart des cultivars populaires de patate douce asiatique est bas. Une étude nutritionnelle a montré que cette quantité de protéine est suffisante pour équilibrer les besoins métaboliques d'un adulte si les patates douces sont consommées en quantités suffisantes et couvrent les besoins caloriques (Lee 1978). La teneur en protéine de la collection de patates douces de l'AVRDC varie d'environ 2,5 à 12 % en poids secs (AVRDC 1975). Il paraît possible d'améliorer ce taux sans devoir sacrifier le niveau des rendements. Bien qu'une corrélation positive ait été observée entre le contenu protidique et l'activité du facteur antiprotéiase, le problème n'a pas été jugé sérieux pour l'alimentation humaine, puisque ce facteur est détruit par la cuisson.

2. Si la patate douce peut être cultivée toute l'année sous les tropiques (Santos 1977), il n'en reste pas moins que les rendements enregistrés pendant la saison humide sont beaucoup plus bas qu'en saison sèche (Li 1979). Pour cette raison, il est nécessaire de sélectionner des variétés très productives pour les plantations en saison humide.

3. L'importance du conditionnement doit être soulignée dans tout programme de recherche sur la patate douce. Par exemple, un procédé économique de séchage améliorera sûrement les conditions de conservation et préservera la bonne qualité alimentaire. Notons que les techniques actuellement utilisées à Taiwan pour préparer les cossettes de patates douce pour l'alimentation animale ne sont pas indiquées pour la production destinée à la consommation humaine.

A cet égard, l'amélioration de la valeur des aliments traditionnels à l'aide de farine de patate douce est un sujet qui mérite plus d'attention. Le travail accompli à la ferme expérimentale de l'Université Nationale de Taiwan et à la station de recherche agronomique du TARI à Chiayi, démontre que des pains confectionnés avec jusqu'à 20 % de farine de patate douce sont savoureux et de bonne qualité. Si l'on utilise des variétés de patate douce à chair orange, la ration alimentaire s'enrichit en vitamine A additionnelle. Cette technologie serait particulièrement effi-

cace dans des pays producteurs de patates douces où l'importation de blé a épuisé les réserves en devises étrangères.

4. D'autres produit nouveaux devraient être mis au points, selon les pays. A Taïwan, par exemple, la cuisinière électrique est devenue un appareil ménager essentiel. Des flocons de patate douce précuits, récemment introduits sur le marché aux Etats-Unis (Hoover 1966) ont un avenir certain à Taïwan, mais seront trop coûteux pour certains pays moins développés.

5. Un système économique de manutention post-récolte est un autre moyen d'assurer aux consommateurs un approvisionnement continu en patate douce.

6. Le problème de la flatulence devrait faire l'objet des études suivantes :

a. nature des substances de la patate douce qui sont à l'origine de la flatulence.

b. croisement et sélection de lignées qui occasionnent peu de flatulence.

c. les techniques de conservation et les méthodes de conditionnement capables d'éliminer ou de réduire la flatulence.

CONCLUSION

En dépit d'avantages certains, la patate douce est un aliment de faible prestige. Sa valeur a surtout été reconnue comme plante de survie, mais elle est potentiellement capable de jouer un rôle plus complet dans un grand nombre de pays en développement. Nous croyons que le refus de consommer de la patate douce, notamment dans les pays pauvres, a des causes à la fois techniques et psychologiques. Les gouvernements nationaux ont probablement un rôle prédominant à jouer en éliminant les barrières psychologiques. Dans le monde entier, les scientifiques peuvent coopérer au développement de variétés sélectionnées, de méthodes culturales appropriées, d'une technologie de manutention post-récolte et de conditionnement en vue d'améliorer l'utilisation de la patate douce en tant que denrée vivrière complémentaire. Ce faisant, nous avons tout à gagner et rien à perdre à nourrir un monde qui a faim.

BIBLIOGRAPHIE

AKAZAWA, T., I. URITANI and H. KUBOTA. 1960. Isolation of ipomeamarone and coumarin derivatives from sweet potato roots injured by the weevil *Cylas formicarius elegantulus*. Arch. Biochem. Biophus. 88:150-156.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1976. Sweet potato report for 1975. Taiwan. 44 pp.

CALKINS, P. H. 1978. Vegetable consumption patterns in five cities of Taiwan. AVRDC Tech. Bull. No. 5. Shanhua, Tainan, Taiwan. 24 pp.

FAO. 1971. Food balance sheets. 1972-74 average. Rome.

FAO. 1977. Provisional food balance sheets. 1972-74 average. Rome.

HOOVER, M. W. 1966. An enzyme process for producing sweet potato flakes from starchy and uncured roots. Food Technol. 21:322.

JOINT COMMISSION ON RURAL RECONSTRUCTION (JCRR). 1978. Taiwan food balance sheet, 1963-1977. Taipei, Taiwan.

LEE, N. Y. 1978. Studies on some problems related to human protein requirements. Ph D thesis. Inst. Biochem. National Taiwan Univ.

LI, L. 1979. Limiting factors and possible improvements of sweet potato productivity in Taiwan. *In* Upgrading production of field crops in Taiwan (in Chinese). Scientific Agric., Taipei, Taiwan. 242 pp.

RILEY, J. J. and J. C. MOOMAW. 1979. Vegetable production in tropical Asia. *In* Tropical Foods: Chemistry and Nutrition (ed) G. E. Inglett and G. Charalambous. Academic Press. 2:375-400.

RYALL, A. L. and W. J. LIPTON. 1979. Ventilated storage. *In* Transportation and storage of fruits and vegetables. 2nd ed. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Conn. 1:271-292.

SANTOS, C. L. G. 1977. Sweet potato marketing in the Philippines. Special Studies Div., Planning Service, Office of the Secretary, Dept. Agric., Diliman Quezon City, Philippines.

VILLAREAL, R. L. 1977. Sweet potato: its present and potential role in the food production of developing countries. South Pacific Commission Tech. Paper. 174:170-182.

VILLAREAL, R. L. 1981. Sweet potatoes in the tropics - progress and problems. *In* Proc. Inter. Symp. Sweet Potato. Taiwan, Republic of China. (in preparation).

LA PATATE DOUCE EN PAPOUASIE NOUVELLE-GUINEE

R. M. BOURKE
Station Expérimentale d'Agriculture des Montagnes, Aiyura, P.O. Box 384, Kainantu, EHP, Papouasie-Nouvelle Guinée.

LA CULTURE DE LA PATATE DOUCE

Importance et distribution

La patate douce *(Ipomoea batatas (Ll Lam)* est de loin la plus importante culture vivrière de Papouasie-Nouvelle Guinée (PNG). Les seules estimations disponibles de la production sont maintenant vieilles de 20 ans. Walters (1963) cite une production annuelle de 1 223 000 tonnes à partir d'une superficie approximative de 72 000 ha. Avec une évaluation prudente de 15 cents US kg, la production dépasserait donc 180 millions de dollars US par an. La production actuelle a probablement une valeur dépassant 200 millions de dollars US par an. La seule culture qui s'approche de ces chiffres est celle du café, cultivé pour l'exportation. La patate douce est une culture de rente très importante et de grosses quantités sont exclusivement cultivées pour la vente. C'est la culture la plus importante cultivée dans les écoles et autres institutions du même type.

Le produit principal est la racine qui est cuite ou bouillie. Les petites racines sont données aux porcs et d'importants troupeaux de porcs sont ainsi entretenus avec des racines de patate douce, notamment de région montagneuse. Les tiges et les feuilles sont occasionnellement consommées par la population comme légume vert, mais l'utilisation principale est l'alimentation des porcs.

La patate douce est cultivée de façon extensive dans les montagnes, entre 1200 m et 2700 m, et elle y constitue généralement l'aliment de base. Différents auteurs ont calculé qu'elle couvre entre 60 % et 90 % des besoins énergétiques des montagnards. Elle procure également une proportion importante des protéines consommées par la population. Dans les plaines (0-600 m) et dans les régions d'altitude intermédiaire (600-1200 m), la patate douce croît en importance dans une agriculture de subsistance. Dans certaines régions, comme sur l'île de Bougainville, elle a complètement remplacé le traditionnel taro. La production de patate douce est d'une manière générale en expansion, avec le taro *Xanthosoma* et le manioc, au détriment de cultures traditionnelles comme le taro *Colocasia*, l'igname et la banane. Ceci s'explique par la disparition des terres forestières fertiles nécessaires à la culture du taro, la facilité de la culture de la patate douce, l'incidence des problèmes de maladie et de parasitisme sur les autres cultures, et la disparition des valeurs traditionnelles attachées à d'autres produits vivriers.

Introduction en PNG

Il est généralement admis que la patate douce a été introduite en PNG au cours des 400 années qui ont suivi la découverte du Nouveau Monde par les Européens. Yen (1974) a avancé qu'elle était venue en PNG des Antilles via l'Afrique, l'Inde et les Indes orientales (Indonésie). Différents auteurs ont estimé que la patate douce existait dans les montagnes il y a 200 à 300 ans. Voici

quelques exemples : Haute Vallée de Kaugel, minimum 170 ans (Bowers 1968) ; Kainantu, 200 à 300 ans (Watson 1965) ; la vallée de Waghi, 250 ans (Golson) ; le bassin de Tari, 250 ans (communication personnelle avec B.J. Allen, Office de l'Environnement, PNG).

Les conséquences de l'introduction relativement récente de la patate douce dans les montagnes a fait l'objet de controverses. Watson (communication personnelle) a avancé l'idée d'une révolution survenue dans le mode de subsistance suite à cette introduction. Les aspects de cette révolution concernent selon lui un changement radical des schémas d'agencement des potagers, une plus grande importance des porcs, une explosion démographique, une modification du rapport entre sexes chez les montagnards, des changements de structure sociale et l'augmentation des guerres. D'autres spécialistes des montagnes ont rejeté cette hypothèse (Brookfield et White 1968). Ils pensent au contraire que l'introduction de la patate n'a pas eu d'influence décisive sur le développement de l'agriculture dans les régions montagneuses, bien qu'elle ait eu certains effets, comme l'expansion de la culture vers des altitudes plus élevées, le déboisement de la forêt de montagne et l'extension des plantations de casuarina qui en est résulté en vue de fournir du bois aux régions défrichées.

Les systèmes de culture

La plante est cultivée à partir du niveau de la mer jusqu'à la limite de l'agriculture en altitude. Celle-ci se situe habituellement vers 2700 m, mais peut atteindre 2850 m dans certaines parties de la Province d'Enga. C'est au-dessus de 1400 m que la culture est la plus importante. Au-delà de 2350 m, les dégâts dus à la gelée sont courants. C'est une culture vivrière de base dans les régions dont la pluviométrie moyenne annuelle va de 1700 mm à plus de 5000 mm. Elle est cultivée sur des types de sols extrêmement variés allant des sols sablo-limoneux aux sols argileux lourds et les tourbières. Dans les montagnes, où l'importance de la culture est la plus grande, les sols sont généralement argileux. La patate douce est cultivée sur des terrains plats ou sur des pentes pouvant aller jusqu'à 40°. La grande diversité des conditions écologiques sous lesquelles la patate douce est cultivée reflète à la fois l'adaptabilité de la plante et la base génétique étendue dont le pays dispose.

Les systèmes de culture intégrant cette plante sont également très variés. Elle entre dans des systèmes allant de ceux où une seule culture est suivie d'une très longue jachère forestière, à ceux où la culture est continue et dans lesquels la plante a été cultivée pendant plus de 200 ans avec des jachères de 2 à 3 mois seulement entre chaque culture (Wood 1981). Elle est cultivée dans des systèmes qui pratiquent les jachères herbacées et les jachères forestières, mais les premières sont plus répandues, surtout en régions de montagnes. Les techniques de plantation dans les régions herbeuses peuvent être classées comme suit :

1. Plantation sans buttage ou en petites buttes (30-50 cm de diamètre). Peu de travail du sol. Généralement pratiquée sur des versants montagneux à forte pente, particulièrement dans la Province de Simbu, où les dispositifs de rétention de l'eau sont d'usage courant.

2. Plantation en petites buttes (30-80 cm de diamètre), sur planches cloisonnées. Sol préparé manuellement avant le buttage. Les planches sont longues et rectangulaires dans les Montagnes orientales et carrées là où la pluviométrie est plus élevée (vallées de Waghi et de Baiyer, parties du Simbu).

3. Plantation en grandes buttes (1 à 5 m de diamètre) avec jusqu'à 30 points de plantation par butte, à raison de 2-3 plants chacun. Du compost est enfoui dans les buttes avant la plantation. Il s'agit du système traditionnel dans la plus grande partie de la Province d'Enga et les zones avoisinantes des montagnes occidentales et méridionales.

4. Systèmes de culture mécanisée. Buttes ou sillons sont faits à la main ou à la machine après la préparation mécanisée du sol. Sur les terrains plats ou en faible pente des régions herbeuses des plaines et des montagnes : ces systèmes sont en particulier pratiqués par les agriculteurs commerçants ou travaillant pour certains établissements.

Dans les zones forestières, le sol est très peu travaillé et les buttes sont petites, quand il y en a. C'est le système courant dans les plaines et dans les zones d'altitude intermédiaire, et également à haute altitude, lorsque de nouvelles terres sont ouvertes à la culture.

Cultivars et techniques culturales

Les cultivars sont très nombreux en PNG. Yen (1974) laisse entendre qu'il serait possible de collecter en PNG plus de cultivars que dans n'importe quelle autre région du monde. Ils sont probablement de l'ordre de 5000. Environ 500 cultivars (y compris quelques doubles) sont conservés dans les stations de recherche. Les informations disponibles sur les cultivars détenus par différents groupes figurent en résumé au tableau 1. Le nombre de cultivars détenus par chaque groupe de population varie de 6 à 71, en moyenne 33. Certains chiffres inférieurs sont presqu'assurément sous-estimés. Dans les plaines le nombre de cultivars détenus par chaque groupe est généralement plus réduit que dans les montagnes. La germination spontanée de graines donne naissance à de nouveaux cultivars potentiels, dont certains sont retenus et peuvent éventuellement remplacer ceux qui existent déjà. Ce processus, et l'isolement cultural des planteurs, expliquent le grand nombre de cultivars (Yen 1974, Powell *et al.* 1975). Les cultivars introduits depuis l'arrivée des Européens ont rapidement remplacé les souches locales et beaucoup de cultivars traditionnels sont maintenant perdus (Tableau 1).

La plante est toujours multipliée par boutures. Celles-ci sont presque toujours prélevées sur la portion apicale de la tige et l'on préfère les boutures provenant de plants à maturité (Kimber 1972 a). On procède à la taille des tiges et des racines. La culture de la patate douce dans les montagnes relève essentiellement de la responsabilité des femmes. Les hommes nettoient les nouveaux terrains et se chargent des travaux plus durs comme l'extirpation des graminées de grande taille et la clôture des champs tandis que les femmes préparent le sol, plantent, désherbent et récoltent. La culture a un caractère saisonnier dans les montagnes, la majeure partie des plantations ayant lieu au début de la saison humide.

Systèmes de récolte et rendement

La méthode de récolte la plus répandue est la récolte échelonnée : les grosses racines sont déterrées au fur et à mesure des besoins. Quatre récoltes peuvent être faites à partir d'un même plant en un an ou plus. Dans la région de Dom, Province de Simbu, les villageois affirment que l'exploitation d'un plant peut durer 3 à 4 ans (Wohlt, communication personnelle). A Bougainville (Mitchell 1976) et dans d'autres régions de plaines, une seule récolte est effectuée et toutes les racines sont enlevées en même temps, sans tenir compte de leur taille. Les racines sont occasionnnellement stockées dans des trous creusés dans le sol et remplis de sable (Kimber 1972 a) ou stockées dans les maisons pendant quelques jours avant d'être consommées (Siki 1981).

Les informations disponibles sur les rendements vivriers figurent en résumé au tableau 2. Les rendements vivriers relevés varient de 2 à 50 t/ha mais se situent plus fréquemment entre 5 et 25 t/ha. Les valeurs supérieures à 25 t/ha ne reflètent probablement pas de manière précise les rendements de subsistance. Les rendements expérimentaux ont varié de l'échec à 71,2 t/ha (Enyi 1977). Habituellement, les rendements expérimentaux se situent entre 10 et 30 t/ha. Dans les plaines, les rendements de 10-20 t/ha sont les plus courants, alors que dans les montagnes, ils

sont souvent de l'ordre de 20-40 t ha. La maturité se situe à 5-6 mois dans les plaines, à 6-8 mois dans les montagnes et à 7-12 mois (et plus) dans les régions de forte altitude.

Problèmes d'insectes et de maladies

Les rats causent beaucoup de dégâts aux racines. Les villageois retournent souvent le feuillage pour exposer le sol au soleil et ainsi réduire les dommages causés par les rats en rendant le sol plus dur. Les femmes et les enfants chassent les rats et les mangent. Les cochons domestiques et sauvages peuvent également occasionner beaucoup de dégâts. Dans la plupart des régions de PNG, les potagers individuels ou collectifs sont clôtures pour barrer l'accès aux porcs. Le charançon de la patate douce *(Cylas formicarius F)* constitue parfois un problème grave. Il n'est toutefois sérieux que dans les régions à saison sèche marquée, comme autour de Port Moresby, ou lors d'années très sèches. La méthode de lutte préconisée est la rotation culturale et l'emploi de matériel de plantation non infesté (Kimber 1972 b).

Le sphinx *(Agrius convolvuli (L))* a été signalé comme attaquant des feuilles de patate douce, principalement dans les plaines, mais le dommage occasionné est généralement léger. Cet insecte est pourchassé par le crapaud de la canne *(Bufo marinus (L))* que l'on introduit à cet effet (Dept. Agric. 1941). Le foreur de la feuille de patate douce *(Bedellia somnulentella (Zell))* a, certaines années, fait chuter les rendements dans les montagnes et dans les plaines (Kimber 1972 b). La maladie de la « petite feuille » de la patate douce est causée par un organisme ressemblant à un mycoplasme (Pearson 1981). Elle pose un sérieux problème dans les potagers villageois de la Province Centrale et a causé dans le passé d'importantes pertes de rendement sur les parcelles expérimentales de l'Ile de Nouvelle Bretagne. La gale, causée par le champignon *Elsinoe batatas* (Jenkins et Viegas) est commune sur les tiges et les feuilles de la patate douce. Cette maladie est plus grave dans les montagnes que dans les plaines. La résistance des cultivars à cette maladie est très variable. Elle ne paraît pas causer une forte chute de rendement chez la plupart des cultivars. Dans la région de la Haute Mendi, dans les montagnes méridionales, les rendements ont été largement réduits en 1980, les patates douces étant à la fois sujettes aux nématodes et au champignon *Fusarium oxysporum* Schlecht *ex* F. (Anders, communication personnelle).

Tableau 1. Nombre de cultivars de patate douce cultivés par différents groupes de population en Papouasie-Nouvelle-Guinée

Lieu et altitude approximative	Cultivars [illegible]			Cultivars traditionnels actuellement perdus	Source
	[illegible]	Cultivars traditionnels	[illegible]		
Haute Vallée du Chimbu, Province de Simbu (2 200 m)	71	45	26	–	Sterly (1978)
Grande Vallée, Rivière Balim, Iran Jaya (1 650 m)	70	–	–	–	Heider (1970)
Région Sinasina, Province Simbu (1 800 - 2 500 m)	67*	28	32	36	Hide *et al.* (1979)
Bassin de Tari (1 600 m)	53	–	–	–	Powell (1981)

Tableau 1 (suite)

Lieu et altitude approximative	Cultivars cultivés actuellement			Cultivars traditionnels actuellement perdus	Source
	Nombre total	Cultivars traditionnels	Introductions (1)		
Haute Vallée de la Menji SHP[2] (2000 m)	49	30	19	–	Simpson (1978)
Région Simba Province de Madang[2] (1500 - 2300 m)	48*	43	5	–	Bulmer (1981)
Haute Vallée de la Menji SHP[2] 2100 m)	42	–	presque tous	22	Harrison (1976)
Région du Mont Hagen WHP[2] (1600 - 1900 m)	40-50	–	–	30-40	Powell *et al* (1975)
Vallée de la La Enga[2] (1600 m)	35	–	–	–	Waddell (1972)
Haute Vallée de la La Enga[2] (2100 m)	31	25	6	–	Meggitt (1958)
Province de Simbu[2] (1500 - 2700 m)	30*	–	–	–	Brookfield et Brown (1963)
Région de Simba Province de Madang[2] (1500 - 2300 m)	29*	21	8	22	Bulmer (1981)
Haute Vallée du Simbu Province de Simbu[2] (1900 m)	29	–	–	–	Komba (1978)
Région Kamantu EHP[2] (1550 - 1800 m)	27	20	7	–	Watson (1967)
Plateau de Nemb SHP[2] (1650 m)	25	11	14	25	R.M. Bourke (résultat non publié)
Rivière Simba Province de Madang (1300 - 1600 m)	24	–	–	–	Rappaport (1968)
Plateau Strunki Enga[2] (1900 - 2700 m)	24	–	–	–	Sinnett (1975)
Région Kagua SHP[2] (1600 m)	17	11	6	–	Abaya (1978)

Tableau 1 (suite)

Lieu et altitude approximative	Cultivars cultivés actuellement			Cultivars traditionnels actuellement perdus	Source
	Nombre total	Cultivars traditionnels	Introductions (1)		
Région de la Rivière Simbai, Province de Madang (700 - 1 100 m)	15	–	–	–	Clarke (1971)
Plateau Sirunki, Enga (2 600 m)	13	11	2	–	Walker (1966)
Région Panga, SHP (1 [illegible] m)	10	–	–	16	Paia (n d)
Vallée Mainam	7	–	–	–	Langley (1950)
Rivière du Serpent, Province de Morobe (1 100 m)	6	–	–	–	Langley (1950)

Z La patate douce est l'aliment de base
Y Irian Jaya (Nouvelle Guinée occidentale) est une province de l'Indonésie
x Comprend sept variétés d'origine inconnue
* Situation en 1963-64
v Situation en 1960
(1) Note du traducteur : introductions faites depuis l'arrivée des Européens

Tableau 2. Rendements en patate douce relevés dans les jardins vivriers de Papouasie-Nouvelle Guinée

Lieu et altitude approximative	Rendement t/ha	Sources	Observations
Région de la Rivière du Serpent, Province de Morobe (1 150 m)	37.7 - 40.3	Conroy et Bridgland (1960)	
Vallée de Tsak, Province d'Enga (1 500 - 1 900 m)	32.2 - 37.0	Bureau des Statistiques (1967b)	Moyenne globale pour tout type de sol et toute catégorie de pente
Vallée de Tsak, Province d'Enga (1 900 - 2 300 m)	31.3 - 34.9	Bureau des Statistiques (1967b)	
Vallée de Tsak, Province d'Enga (> 2 300 m)	27.6 - 30.7	Bureau des Statistiques (1967b)	
Province de Simbu (1 900 - 2 300 m)	24.0 - 26.6	Bureau des Statistiques (1967a)	
Vallée de Kaugel, WHP (2 200 m)	23.5	Bowers (1968)	Terrasses de rivière
Province de Simbu (< 1 900 m)	22.5 - 24.9	Bureau des Statistiques (1967a)	Moyenne globale pour tout type de sol et toute catégorie de pente
Province d'Enga (1 500 - 1 900 m)	22.4 - 25.0	Bureau des Statistiques (1967b)	Moyenne globale pour tout type de sol et toute catégorie de pente
Vallée de Lai, Province d'Enga (1 800 m)	20.9	Waddell (1972)	Petites buttes

Tableau 2 (suite)

Lieu et altitude approximative	Rendement (t/ha)	Sources	Observations
Province d'Enga (1 900 - 2 300 m)	21,2 - 23,6	Bureau des Statistiques (1967b)	Moyenne globale sur tout type de sol et toute catégorie de pente
Province d'Enga (> 2 300 m)	18,6 - 20,7	Bureau des Statistiques	
Mont Hagen (1 600 m)	18,4	Clarke (1977)	Bon sol. Après 8 années de jachère
Vallée de La, Province d'Enga (1 600 m)	17,4	Waddell (1972)	Grandes buttes
Haute Vallée de La Province d'Enga (2 100 m)	15,7	Meggitt (1958)	La première culture est faite sur le meilleur sol
Province de Simbu (> 2 300 m)	15,0 - 16,6	Bureau des Statistiques	Moyenne globale sur tout type de sol et toute catégorie de pente
Région d'Oksapmin WSP (1 800 m)	14,8	Cape (communication personnelle)	Après 35 ans de jachère sur sol calcaire
Haute Vallée de Wage Province d'Enga (2 650 m)	c. 14,0	Wohlt (1978)	Par an
Bassin de Tari SHP (1 600 m)	13,1 - 13,3	Wood (1981)	Sols tourbeux
Ile de Bougainville Sud-Ouest (100 m)	12,2 - 8,5	Mitchell (1976)	Première et cinquième culture respectivement. Autres cultures intermédiaires
Bassin de Tari SHP (1 600 m)	11,2 - 11,3	Wood (1981)	Sols alluviaux
Région de Siane Province de Simbu (1 900 m)	10,6	Salisbury (1962)	Estimation seulement
Haute Vallée de La Province d'Enga (2 100 m)	c. 10,0	Meggitt (1958)	Rendement moyen, tout type de sol
Région d'Oksapmin WSP (1 800 m)	9,7	Cape (communication personnelle)	Après 15 années de jachère sur vertisol
Mont Hagen (1 600 m)	9,3	Clarke (1977)	Sol pauvre. En culture depuis 10-15 ans
Vallée de Kamu Irian Jaya (1 500 m)	7,1	Pospisil (1963)	Culture intensive de vallée
Rivière Simbai Province de Madang	6,5	Rappaport (1968)	Plus de 1 200 semaines en potager mixte. Production totale de potager : 15,51 t/ha
Plateau de Nembi SHP (1 650 m)	6,3	Bourke (données non publiées)	Fertilité du sol réduite par de nombreuses années de culture
Vallée de Kamu Irian Jaya (1 500 m)	6,2	Pospisil (1963)	Culture itinérante de vallée
Région de Tari SHP (1 600 - 1 800 m)	5,4 - 8,5	Wood (1981)	Sols de cendres volcaniques
Vallée de Kamu Irian Jaya (1 700 m)	4,2	Pospisil (1963)	Potagers de versant montagneux
Ile Manus (100 m)	c. 2,0	Rooney (1981)	Suite à l'épidémie de brunissure sur le taro, la population opta rapidement pour la patate douce comme culture de base

Perspectives futures

Une expansion continue de la production est probable, à la fois dans le secteur vivrier et commercial. Des cours de production commerciale de patate douce sont dispensés aux agriculteurs à Aiyura dans les montagnes et à Laloki près de Port Moresby, en vue de promouvoir la production. L'usage de l'irrigation dans la région aride de Port Moresby pourrait faciliter le développement de la production et répondre à la forte demande enregistrée dans cette région. Il est probable que la patate douce continuera de remplacer les plantes vivrières traditionnelles dans les plaines et les régions d'altitude intermédiaire. Le développement de la maladie « de la petite feuille » est la menace la plus sérieuse pour la production.

TRAVAIL DE RECHERCHE

En PNG, la recherche sur la patate douce s'est concentrée sur l'agronomie, l'étude des systèmes de culture, l'utilisation des racines pour l'alimentation du bétail, la maladie de la petite feuille et la mise au point d'un produit à base de patate douce séchée. Quelques 150 essais agronomiques ont été entrepris, la plupart par le personnel du Département de l'Industrie Primaire. Le travail de recherche est brièvement examiné ci-après.

Essais agronomiques

Essais variétaux : quelques 50 essais variétaux ont été menés en onze endroits. On a ainsi évalué la productivité, le goût, la résistance à la gale des feuilles et au charançon, et la teneur en protéine. Les cultivars ont été vulgarisés principalement sur la base de leur rendement et de leur goût. Les variétés couramment diffusées sont Ma'alua, Markham, Merikan, Naveto, Serenta et Wanmun Kabiufa, pour les régions montagneuses ; Milne Bay et Okinawa pour la Province Centrale ; et K 9 et K 13 pour les autres régions de plaine. Des introductions du Pérou, des Etats-Unis et de l'IITA au Nigéria ont été évaluées. Des variétés péruviennes ont été emportées de Nouvelle Zélande en vue d'obtenir du matériel résistant au gel. Elles se sont plutôt mal comportées et n'ont pas résisté au gel. Le matériel des Etats-Unis ne s'est pas particulièrement révélé intéressant et il est apparu que les racines à chair molle et de couleur orange ne convenait pas au goût local. Quelques unes des variétés de l'IITA ont davantage produit par rapport au matériel local à Aiyura (1600 m) et à Tambul (2300 m). Leur évaluation se poursuit.

Essais de fertilisation : plus de 50 essais de fumure organique et minérale ont été menés sur la patate douce en PNG, dont beaucoup dans les montagnes. Les résultats des essais de fumure minérale réalisés dans les montagnes ne se sont pas montrés cohérents. Dans certains essais, la fumure accroissait le rendement en racines, et l'on a enregistré pour plusieurs d'entres eux, des réactions à l'azote, au phosphore et à la potasse. Dans d'autres essais, le rendement était plus faible et, dans d'autres encore, on a enregistré aucune modification (Département de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche 1972 ; Clarke et Street 1967). Des résultats aussi variables reflètent vraissemblablement des différences édaphiques, mais peuvent aussi avoir été causées par une interaction azote-cultivar positive. Dix-sept essais en champ et six essais en pots ont été réalisés sur l'île de Nouvelle Bretagne, en plaine, sur un sol volcanique jeune (Bourke 1977). Dans ces essais, l'azote permit d'obtenir un fort accroissement de rendement, notamment dans les sites herbeux. Le potassium fit quand à lui augmenter le rendement sur les sols forestiers épuisés. Dans la plupart des essais, l'azote a eu, en matière de productivité, des effets contradictoires, tantôt augmentant le rendement, tantôt le diminuant. Ce phénomène peut s'expliquer par l'utilisation de cultivars différents.

Neuf essais de fertilisation organique furent réalisés dans les montagnes et les plaines (Tableau 3). Dans tous ces essais, sauf un, pour lequel on utilisa du fumier de volaille, le rendement augmenta grâce à la fertilisation organique. Dans l'essai où aucune réponse n'a été enregistrée, le niveau de rendements était très élevé (Velyutham et al. 1981). Ces résultats semblent montrer que l'augmentation du rendement est plutôt dû à la fumure organique qu'à la fumure minérale.

Méthodes culturales : dans un essai sur limon sableux à Keravat (20 m) sur l'Iles de Nouvelle Bretagne, les grandes buttes et les larges billons donnèrent un rendement de 37,7 t/ha contre 11,3 t/ha pour la méthode locale qui utilise de petits billons et une densité de plantation probablement inférieure (Dept. de l'Agric. 1941). A Aiyura, Kimber (1970) a comparé la plantation en buttes et en billons de différentes tailles à celle sur terrain plat dans cinq essais en sols plutôt lourds. Les rendements obtenus sur terrain plat furent de loin inférieurs dans la plupart des essais. Les buttes donnaient des rendements plus élevés que les billons de taille correspondante. D'autre part, Rose (1978 - communication personnelle) n'a pas trouvé de différences significatives de rendement entre les buttes, grandes ou petites, sur un sol léger à Piwa (1700 m).

Tableau 3. Essais de fertilisation organique sur patate douce en Papouasie - Nouvelle Guinée

Fertilisation organique	Niveau d'application t/ha	Rendement de la culture t/ha	Niveau de signification	Source
Fumier de porc	0	13,4	*	Kimber (1973)
	22	17,0		
	44	15,9		
Fumier de poulet	0	40,7	ns	Velayutham et al. (1981)
	15	42,7		
Fumier de poulet[Z]	0	18,2	**	Thiagalingam et Bourke (1981)
	5	16,6		
	10	24,9		
	15	19,2		
	20	18,8		
Pulpe de café et[Y]	0	9,3	**	Siki (1980)
	15	12,1		
	30	13,0		
	45	12,9		
	60	15,8		
	75	15,6		
Compost placé dans les buttes	0	8,9	p = 0,1	Bourke et D'Souza (1981)
	12	11,9		
	24	13,7		
	36	14,1		
Compost placé dans les buttes	0	7,5	**	Bourke et D'Souza (1981)
	10	10,3		
	20	12,7		
	30	12,0		
Compost placé dans les buttes	0	6,6	**	Wood (communication personnelle)
	18	10,1		

Z : Fumier appliqué à une culture précédente de pois à le
Y : Moyenne de trois essais

Densité de plantation : à Aiyura, sept essais ont comparé des densités comprises entre 11 000 plants et 110 000 plants/ha. On a observé très peu de différence entre les rendements de racines commercialisables (d'un poids supérieur à 100 g), mais le rendement des racines pour l'élevage (inférieures à 100 g) a augmenté avec la densité (Kimber, communication personnelle).

Effet des mauvaises herbes et des herbicides : quatre essais d'herbicides et un essai étudiant l'effet des mauvaises herbes sur le rendement ont été réalisés à Aiyura (Dept. de l'Agric. de l'Elevage et de la Pêche 1973). Il a été observé que le rendement croissait lorsque la période sans mauvaises herbes suivant la plantation passait de 0 à 8 semaines. Le Gramoxone avec une dose de 0,7 litre 500 litres d'eau/ha appliquée à deux et à quatre semaines après la plantation a efficacement lutte contre les mauvaises herbes.

Epoque de maturité : Jamesion (1968) a étudié diverses caractéristiques d'une culture installée sur un terrain à précédents culturaux divers, en récoltant les parcelles ligne par ligne. Il a établi que le niveau maximum du rendement, et le nombre maximum de racines et de fleurs sont atteints d'autant plus vite que le sol est plus épuisé, et que la floraison maximum offre une indication utile sur le moment où la production culmine.

Méthode de récolte : on a comparé la récolte unique de toutes les racines à la récolte progressive des racines les plus grosses. Cette dernière pratique est de règle dans les montagnes. A.J. Kimber a comparé les deux techniques appliquées à Aiyura à deux cultivars pendant trois plantations. Rose (1979) a utilisé deux cultivars en une plantation. Les deux chercheurs ont trouvé que les rendements en racines étaient identiques si comparés sur une base journalière.

Teneur en protéine : la teneur en protéine des racines peut avoir une incidence majeure sur la quantité de protéine ingérée par la population, étant donné le rôle important que la patate douce occupe dans le régime alimentaire des habitants des régions montagneuses. Le contenu protidique des racines provenant de onze essais variétaux réalisés par le Département des Industries Primaire a été analysé. De plus, six auteurs ont fourni des comptes-rendus relatifs au contenu protidique des racines. Ces derniers sont à l'étude par Heywood et Nakikus (1981). Les analyses publiées et non publiées indiquent que le contenu protidique des racines varie énormément suivant les cultivars. Alors que les mêmes cultivars étaient analysés dans des expérimentations différentes, il est apparu que le classement des cultivars était divergent d'une analyse à l'autre. Il n'a pas été clairement établi si cette divergence provient de la variation du contenu des racines en protéine suivant les plantations, ou de certains problèmes inhérents aux techniques utilisées. Dans une série d'essais, la teneur en protéine de trois cultivars a augmenté par une fertilisation N ou NPK (Kimber 1976).

Essais de conservation : des essais comparant différentes techniques de conservation des racines en silos ont été réalisés à Kandep (2350 m) et à Kuk (1600 m) par Aldous (1976), et à Keravat (20 m) par Bourke (données non publiées). Il a été établi qu'il était possible de conserver avec succès des racines en silos jusqu'à 50 jours à Kandep, 40 jours à Kuk et 30 jours à Keravat.

Autres études agronomiques : la patate douce a servi de principale plante test dans les essais réalisés à partir de systèmes culturaux différents en plaine et en montagne. Des essais ont entre autres été réalisés pour évaluer l'effet de l'épuisement du sol, les rotations culturales et les types de jachères. Des essais de culture intercalaire associant la patate douce au maïs ou au sorgho ont montré que la combinaison patate douce/maïs augmentait les rendements pondéraux et économiques (Kesavan 1981). Des études portant sur l'analyse de la croissance ont été effectuées par Bourke (1978) et Enyi (1977). Les études d'uniformité de A.J. Kimber ont permis de recommander les dimensions de 16 × 2,5 m pour les parcelles d'essais. Une autre étude a consisté à examiner la taille des tiges à l'effet du gel en conditions simulées.

Autres travaux de recherche

« Riz kaukau » : un travail expérimental a été réalisé sur la production d'un dérivé sec de la patate douce connu sous le nom de « riz kaukau ». Siki (1981) et Thomas (1981) en ont décrit le procédé

de fabrication. Les recherches ont été faites en 1977 mais la production s'est arrêtée à la suite d'un approvisionnement insuffisant en racines et d'une mévente, causée par un prix de revient trop élevé, un mauvais accueil par les consommateurs et une commercialisation défectueuse (Thomas 1981).

Maladie de la petite feuille : quelques recherches ont été effectuées en vue d'identifier l'agent causal de cette maladie. Elles sont examinées par Pearson (1981).

Alimentation animale : les racines et le feuillage de la patate douce ont été évalués pour l'alimentation des porcs et de la volaille. Malynicz (1971) a trouvé que la patate douce crue et un concentré protidique brut à 53 % donnaient satisfaction pour l'alimentation des porcs. L'ajout aux rations standards de feuilles de patate douce n'améliorait pas la performance au niveau des porcs (Malynicz et Nad 1973). Le système consistant à faire pâturer un champ de patates douces par des porcs à la longe a été couronné de succès (Rose 1976). Watt (1973) a résumé les résultats de cette expérimentation ainsi que ceux d'autres travaux de recherche sur l'utilisation de la patate douce pour l'alimentation des porcs. Il y a, entre autres, inclus les résultats suivants : (i) l'alimentation des porcs avec des patates douces cuites donne une augmentation du poids vif supérieure à celle obtenue en utilisant des patates douces crues ; (ii) les porcs pâturant des patates douces ont besoin d'un supplément protidique de 500 g de concentré par porc et par jour. Turner *et al.* (1976) ont étudié différentes rations à base de patate douce et d'un supplément protidique pour l'alimentation de la volaille. Ils en ont conclu qu'il était plus économique d'utiliser un produit complet spécialement préparé, à moins que le prix du concentré protidique soit très peu élevé et que la patate douce soit disponible en abondance.

Recherches en cours

Les collections de ressources génétiques s'enrichissent sans cesse, à Aiyura, Keravat et Laloki. L'évaluation des cultivars de PNG et des variétés introduites se poursuit à Aiyura, Kervat, Laloki et dans toutes les régions montagneuses. L'interaction entre la fertilisation azotée et le cultivar est étudiée à Aiyura et à Keravat. L'étude du chaulage est en cours à Laloki. Des essais de divers engrais organiques (fumier de porc, pulpe de baies de caféier, *azolla pinnata* et compost) sont en cours sur le Plateau de Nembi (1700 m) dans la Province des montagnes méridionales. Le caractère saisonnier de la production est étudié grâce à l'examen des marchés et des potagers, et des dates d'essais de plantation à Aiyuraet sur le Plateau de Nembi. Les cultivars sont criblés pour la résistance au charançon et l'incidence de la maladie de la petite feuille est étudiée dans des essais de terrain à Laloki.

D'importants efforts de recherche sur la patate douce ont été déployés en PNG et sont poursuivis. L'objectif est de mettre les résultats à la disposition de la communauté scientifique et, plus particulièrement, des producteurs de patate douce, que ce soit pour la subsistance ou le commerce.

BIBLIOGRAPHIE

ABAYA, M. M. 1978. Producing an agricultural surplus: Pira village, S.H.P. History Agric. Work. Paper 21. Univ. PNG. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

ALDOUS, T. 1976. Storage of sweet potato tubers. *In* K. Willson and R. M. Bourke (eds) 1975 Papua New Guinea Food Crops Conf. Proc. Dept. Prim. Indust., Port Moresby. p. 229-236.

BOURKE, R. M. 1977. Sweet potato *(Ipomoea batatas)* fertilizer trials on the Gazelle Peninsula of New Britain: 1954-76. Papua New Guin. Agric. J. 28: 73-95.

BOURKE, R. M. 1978. Influence of nitrogen, potassium and cultivar on growth and yield of sweet potato *(Ipomoea batatas* (Lt Lam). M. Agric. Thesis, Univ. PNG.

BOURKE, R. M. and E. D. SOUZA. 1981. Intensification of subsistence agriculture on the Nembi Plateau: preliminary results. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (eds) Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

BOWERS, N. 1968. The ascending grasslands: an anthropological study of ecological succession in a high mountain valley of New Guinea. Ph.D. Thesis, Univ. Columbia.

BROOKFIELD, H. C. and P. Brown. 1963. Struggle for land. Oxford Univ. Press, Melbourne.

BULMER, R. 1981. Crop introductions and their consequences in the Upper Kaironk Valley, Simbai area, Madang Province. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (eds) Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

BUREAU OF STATISTICS. 1967a. Report on intensive agricultural surveys in the Chimbu survey area, 1962-64. (Mimeo).

BUREAU OF STATISTICS. 1967b. Report on intensive agricultural surveys in the Wabag sub-district, 1962-64.

BROOKFIELD, H. C. and J. P. White. 1968. Revolution or evolution in the prehistory of the New Guinea highlands: a seminar report. Ethnology 7:43-52.

CLARKE, W. C. 1971. Place and people. Australian National Univ. Press, Canberra.

CLARKE, W. C. 1977. A change of subsistence staple in prehistoric New Guinea. *In* C. L. Leakey (ed) Proc. Third Symp. Inter. Soc. Trop. Root Crops. p. 159-163.

CLARKE, W. C. and J. M. STREET. 1967. Soil fertility and cultivation practices in New Guinea. J. Trop. Geogr. 24:7-11.

CONROY, W. R. and L. A. BRIDGLAND. 1950. Native agriculture in Papua-New Guinea. *In* E. H. Hipsley and F. W. Clements (ed) Report of the New Guinea Nutrition Survey Expedition. Dept. External. Territories, Canberra. p. 72-91.

DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1941. Annual Report of the Department of Agriculture for the year ending 30th June. 1940. New Guin. Agric. Gaz. 7: 77-116.

DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Stock and Fisheries. 1972. Annual Report 1967-69. Port Moresby.

DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Stock and Fisheries. 1973. Highlands Agricultural Experiment Station Aiyura Field Day October 1973. SIL Print Shop, Ukarumpa.

ENYI, B. A. C. 1977. Analysis of growth and tuber yield in sweet potato *(Ipomoea batatas)* cultivars. J. Agric. Sci. Camb. 88: 421-430.

GOLSON, J. 1981. Agriculture in New Guinea: the long view. *In* D. Denoon (ed) History of Agriculture in Papua New Guinea. Univ. PNG. Dept. Prim. Indust., Port Moresby. (in press).

HARRISON, S. 1976. A study of the diets of four families in the Menyi subprovince. (Mimeo). 196 pp.

HEICER, K. G. 1970. The Dugum Dani. Aldine, Chicago.

HEYWOOD, P. and M. NAKIKUS. 1981. Protein, energy and nutrition in Papua New Guinea. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (ed) Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

HIDE, R., M. KIMIN, A. KORA, G. KUA and K. KUA. 1979. A check-list of some plants in the territory of the Sinasina Nimai (Simbu Province, Papua New Guinea), with notes on their uses. Univ. Auckland Work Papers Anthrop. 54.

JAMIESON, G. I. 1968. observations in time of maturity of sweet potato *(Ipomoea batatas* (L) Lam). Papua New Guin. Agric. J. 20:15-24.

KESAVAN, V. 1981. Research work on food crops at the University of Papua New Guinea. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (ed) Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

KIMBER, A. J. 1970. Some cultivation techniques affecting yield response in sweet potato. *In* D. L. Plucknett (ed) Proc. Second Inter. Symp. Trop. Root and Tuber Crops. Univ. Hawaii. p. 32-36.

KIMBER, A. J. 1972a. The sweet potato in subsistence agriculture. Papua new Guinea Agric. J. 23:80-102.

KIMBER, A. J. 1972b. Widespread damage by insect pests in highlands sweet potato gardens. Harvest 2:117-121.

KIMBER, A. J. 1973. Wet pig dung - its effect on sweet potato yields. *In* Proc. Symp. on Recycling of Waste Matter. Univ. PNG.

KIMBER, A. J. 1976. Some factors influencing the protein content of sweet potato. *In* K. Willson and R. M. Bourke (ed) 1975 Papua New Guinea Food Crops Conf. Proc. Dept. Prim. Indust., Port Moresby. p. 63-74.

KOMBA, M. 1978. Pre-contact and post-contact agriculture of the Kikin people of Goglme. Gembogl District. Hist. Agric. Work. Paper 18. Univ. PNG. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

LANGLEY, D. 1950. Food consumption and dietary levels. *In* E. H. Hipsley and F. W. Clements (ed) Report of the New Guinea Nutrition Survey Expedition. Dept. External Territories, Canberra. p. 92-142.

MALYNICZ, G. L. 1971. Use of raw sweet potato, raw peanuts and protein concentrate in rations for growing pigs. Papua New Guin. Agric. J. 22:165-166.

MALYNICZ, G. L. and H. NAD. 1973. The effect of level of feeding and supplementation with sweet potato foliage on the growth performance of pigs. Papua New Guin. Agric. J. 24:139-141.

MEGGITT, M. J. 1958. The Enga of the New Guinea highlands: Some preliminary observations. Oceania 28:253-330.

MITCHELL, D. D. 1976. Land and agriculture in Nagovisi, Papua New Guinea. Instit. Applied Social Econ. Resear. Monograph 3. Kristen Press, Madang.

PAIA, R. (nd). Land use, social organization and nutrition at Mele, Talipiko and Apenda, Pangia, SHP. Dept. Anthrop. Sociol. Univ. PNG. (Mimeo). 16 pp.

PEARSON, M. N. 1981. A review of virus and mycoplasma diseases of food crops in Papua New Guinea. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (ed). Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

POSPISIL, L. 1963. The Kapauku Papuans of West New Guinea. Holt. Rinehart and Winston.

POWELL, J. M., A. KULUNGA, R. MOGE, C. PONO, F. ZIMIKE, and J. GOLSON. 1975. Agricultural traditions of the Mount Hagen area. Univ. PNG, Dept. Geogr. Occas. Paper 12.

POWELL, J. M. 1981. Ethnobotanical studies of a Huli area, Office of Environment and Conservation, Port Moresby.

RAPPORT, R. A. 1968. Pigs for the ancestors. Yale Univ. Press, New Haven.

RAPPAPORT, R. A. 1968. Pigs for the ancestors. Yale Univ. Press, New Haven.

ROSE, C. J. 1976. A tethering system of grazing pigs on sweet potato in the Tari Valley. *In* K. Willson and R. M. Bourke (ed) 1975 Papua New Guinea Food Crops Conf. Proc. Dept. Prim. Indust., Port Moresby. p. 151-158.

ROSE, C. J. 1979. Comparison of single and progressive harvesting of sweet potato *(Ipomoea batatas* (L) Lam). Papua New Guin. Agric. J. 30:61-64.

ROONEY, W. J. 1981. Changing food supply systems in eastern inland Manus. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (ed) Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

SALISBURY, R. F. 1962. From stone to steel. Melbourne Univ. Press, Melbourne.

SIKI, B. F. 1980. Coffee pulp as manure on sweet potato. Harvest 6:1-4.

SIKI, B. F. 1981. Review of storage and processing of root crops in Papua New Guinea. Papua New Guin. Agric. J (in press).

SIMPSON, G. 1978. The Mulim. A case study of the potential and limitations for rural development in a maginal agricultural area, Southern Highlands Province. Papua New Guinea. BA (Hons) thesis, Univ. PNG.

SINNET, P. F. 1975. The people of Murapin. PNG Inst. Med. Res. Monograph 4.

STENLY, J. 1978. Plants recently introduced into the Chimbu Valley. History Agric. Disc. Paper 16. Univ. PNG. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

THIAGALINGAM, K. and R. M. BOURKE. 1981. Utilization of organic wastes in crop production. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (ed). Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

THOMAS, G. S. 1981. Review of the prospects for food processing in Papua New Guinea. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (ed) Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

TURRER, W. J. G. L. MALYNICZ and H. NAD. 1976. Effect of feeding rations based on cooked sweet potato and a protein supplement to broiler and crossbreed poultry. Papua New Guin. Agric. J. 27:69-72.

VELAYUTHAM, K. S., K. S. Pondrile and E. A. Natera. 1981. Effect of soil native nutrients and applied nutrients on sweet potato. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (ed) Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moresby.

WADDELL, E. 1972. The mound builders. Univ. Washington Press, Seattle.

WALKER, D. 1966. Vegetation of the Lake Ipea region. New Guinea highlands. L. Forest, grassland and garden. J. Ecol. 54:503-533.

WALTERS, C. L. 1963. Survey of indigenous agriculture and ancillary surveys. Bureau of Statistics, Konedobu.

WATSON, J. B. 1965. The singificance of a recent ecological change in the central highland of New Guinea. J. Polynesian Soc. 74:438-450.

WATT, I. R. 1973. Feeding sweet potatoes to pigs. Harvest 2:138-141.

WOHLT, P. B. 1978. Ecology, agriculture and social organization: the dynamics of group composition in the highlands of Papua New Guinea. Ph.D. thesis, Univ. Minnesota.

WOOD, A. W. 1980. Personal communications. Geography Department, Univ. PNG, Port Moresby.

WOOD, A. W. 1981. Food cropping systems in the Tari Basin. *In* R. M. Bourke and V. Kesavan (ed) Proc. Second Papua New Guinea Food Crops Conf. Dept. Prim. Indust., Port Moreby.

YEN, D. E. 1974. The sweet potato and Oceania. B. P. Bishop Museum Bull 236:189pp.

LA PATATE DOUCE ET SON IMPACT POTENTIEL AU LIBERIA

M. A. AS-SAQUI
Institut Central des Recherches Agronomiques, Ministère de l'Agriculture, PO Box 32, Gharnga, Bong County, Liberia.

INTRODUCTION

Au Libéria, les patates douces sont cultivées sur 2000 hectares. Bien que cette plante soit généralement cultivée pour ses racines, de nombreuses populations dans le monde consomment les feuilles et le sommet des tiges. Au Libéria, les feuilles sont considérablement plus utilisées que les racines, et beaucoup de gens cultivent de la patate douce dans leur jardin principalement pour les feuilles. Les feuilles de patate douce et les feuilles de manioc, couvrent ensemble plus de 25 % de la consommation calorique journalière de la population du Libéria. Compte tenu de la malnutrition protido-calorique sévissant dans beaucoup de régions où les patates douces peuvent être cultivées, les sommités des tiges et les feuilles de cette plante pourraient constituer un complément très précieux pour d'autres aliments hydrocarbonés (Dahniya 1979). De plus, la plante est très utile car elle constitue une réserve en cas de famine (Brooke 1972) causée par une invasion de sauterelles. Elle est également plus résistante à la sécheresse que le manioc (Culwick 1941).

Les chiffres de production mondiale (Tableau 1) révèlent que l'Asie est la principale région productrice de patates douces, avec l'Afrique en seconde position, responsable d'environ 4 % de l'ensemble de la production mondiale (FAO 1980). La raison pour laquelle les niveaux de production sont si bas en Afrique en général, et au Libéria en particulier, n'a pas été dégagée de manière précise, mais le goût sucré de la racine (que beaucoup de gens trouvent désagréable) peut à cet égard, jouer un rôle important. Le caractère éminemment périssable de la plante dans des régions où les techniques de conditionnement et d'économie domestiques n'ont pas été développées et où le conditionnement commercial est impossible, peuvent également concourir à réduire sa popularité.

Cependant, la plante présente de fortes potentialités au Libéria, comme ailleurs sous les tropiques, et les méthodes de production se développent en vue d'une acceptation plus large.

Tableau 1. Production mondiale de patate douce 1979

Zone	Superficie (1 000 ha)	Rendement (t/ha)	Production (1 000 t)
Monde	13638	8.4	113954
Asie	12422	8.5	104617
Afrique	782	6.5	5053
Amérique du Sud	225	10.1	2263
Amérique du Nord	178	7.2	1293
Océanie	110	5,4	593
Europe	13	10,4	135

(Source: FAO 1980)

TRAVAUX DE RECHERCHE

Compte tenu de l'importance et du potentiel de la patate douce comme source d'aliment énergétique capable d'aider les populations à surmonter les crises alimentaires, un programme d'amélioration de la patate douce a été initié en 1978 à l'Institut Central de Recherches Agronomiques (CARI) du Ministère de l'Agriculture, en étroite collaboration avec l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) d'Ibadan au Nigéria.

L'objectif principal du programme est de sélectionner des variétés très productives, de bonne qualité, résistantes ou tolérantes aux maladies et aux insectes nuisibles, conjointement à des pratiques culturales améliorées pour assurer une productivité élevée.

La recherche sur la patate douce au CARI en est à un stade préliminaire. Toutefois, les progrès suivants ont été réalisés depuis que le programme bénéficie de la coopération de l'IITA.

Ressources génétiques. Une prospection à l'échelle du pays a été réalisée d'octobre à décembre 1978 pour réunir du matériel local de patate douce et d'autres plantes à racines et tubercules.

Un total de 172 numéros a été collecté, dont 52 étaient des patates douces. Avec ceux du CARI, ils forment une collection vivante qui est évaluée comparativement aux variétés en provenance de l'IITA. La plupart des types locaux sont vulnérables aux maladies et aux insectes nuisibles et ont un faible potentiel productif. Les patates douces collectées présentent différentes combinaisons de pigmentation de l'écorce de la racine et de la chair, du pétiole et de la face inférieure de la feuille, ainsi que différentes formes et dimensions de feuilles. Cette banque de gènes sera conservée pour servir à de futurs travaux de sélection.

Amélioration varietale. Deux cents graines de variétés différentes ont été reçues en provenance du programme de sélection de l'IITA. Elles ont été semées en 1980 et une pépinière de plantules a été créée. Le pourcentage de germination était de 80 % et les plants, sains et exempts de symptômes de maladies ont montré une croissance vigoureuse. Ils seront récoltés en 1981 et un essai de rendement préliminaire sera effectué après une sélection des plants. En 1979, quelques centaines de graines de 11 variétés de patate douce ont également été reçues de l'IITA en vue d'installer une deuxième pépinière de plantules. Les variétés étaient TIS 2328, TIS 3290, TIB 8, TIS 5125, TIS 3247, TIS 5061, TIS 3030, TIS 5239, TIS 2532, TIS 2330, et TIS 3017. Elles ont été étudiées en pépinière et criblées pour déceler les maladies, les insectes et le rendement. Parmi elles, huit clones ont été initialement sélectionnés pour un essai de rendement préliminaire. Le tableau 2 indique les performances de toutes les variétés. Six d'entre elles sont très prometteuses et la plupart sont du type feuillu qui sera aisément accepté par les consommateurs.

Tableau 2. Résultats préliminaires des rendements en racines et en pousses de patates douces testées au CARI durant 1980

Variétés[2]	Rendement en racines (t/ha)	Rendements en feuilles (pousses) t/ha
TIS 2330	25,7	10,1
TIB 8	23,8	9,3
TIS 3030	22,1	8,7
TIS 5016	20,2	9,8
TIS 3290	19,6	11,2
TIS 3247	18,7	7,0
TIS 3017	18,3	9,1
TIS 5125	17,5	10,7
TIS 2532	15,3	7,9
TIS 2328	13,7	8,7
TIS 5239	10,3	9,3
Témoin local	10,0	12,3

[2] *Source : Matériel IITA, Ibadan, Nigéria.*

Avec ces six meilleures variétés, un essai avancé de rendement (répété quatre fois) a été mis en place cette année. Le rendement racine/feuille et la qualité seront étudiés.

Pendant la saison des pluies (juin-octobre) les six variétés participeront à divers essais de pratiques culturales pour juger de leur valeur pour la culture paysanne. Les variétés seront également testées en plusieurs endroits dans deux zones écologiques du pays.

L'introduction, la sélection et l'élévation de différentes variétés se poursuivra chaque année, à partir des semences fournies par différentes organisation nationales et internationales et le personnel affecté aux études de sélection, d'agronomie, de physiologie, de protection des plantes et de nutrition, sera renforcé.

IMPACT POTENTIEL

La patate douce vient en quatrième position après le riz, le manioc et l'igname dans la liste des plantes vivrières hydrocarbonées du Libéria. Les feuilles fournissent une quantité substantielle de protéines, tandis que les racines donnent de l'amidon et de la vitamine A.

Les feuilles de patate douce sont précieuses sur le plan nutritionnel et pourraient contribuer dans une large mesure à l'amélioration de la qualité nutritionnelle de l'alimentation.
Li (1974) a relevé une variation considérable du taux de protéine brute sur poids secs des tiges et des feuilles de patate douce, allant de 12,1 à 10,7 % mais la plupart des cultivars avaient des taux variant entre 19,5 et 20,5 %. Purseglove (1974) a établi que sur poids frais, les feuilles contiennent 86 % d'eau, 3,2 % de protéine, 0,8 % de lipides et 8,5 % d'hydrates de carbone.

Oyenuga (1968) a établi que la composition chimique moyenne des jeunes feuilles de patate douce, en pourcentage de matières sèches, était la suivante : protéine brute, 24,6 % ; fibres brutes, 9,1 % ; et cendres totales, 11,5 %. Les feuilles avaient un contenu en matière sèche de 12,5 %.

Les travaux de Ruinard (1961) ont révélé que, sur poids frais, les feuilles de patate douce contenaient presque trois fois plus de protéine effective et de dix à cent fois plus de carotène que les racines. Kay (1973) a estimé qu'une analyse type des extrémités des tiges (100 g de matière comestible) donnait les chiffres suivants : humidité, 81,7 g ; azote, 0,57 g ; extrait à l'éther, 0,67 g ; fibres brutes, 1,4 g ; cendres 1,59 g (dont 81,2 mg de calcium, 67,3 mg de phosphore et 10,37 mg de fer). Le contenu en vitamines est de 3,61 mg de carotène, 0,06 mg de thiamine, 0,17 mg de riboflavine, 0,94 mg de niacine et 25,0 mg d'acide ascorbique.

La patate douce est dotée d'un potentiel énorme comme source d'hydrates de carbone pour l'alimentation humaine et animale. Son développement est cependant fonction de la mise en œuvre des méthodes améliorées de conditionnement et de conservation dans la mesure où elle est possible au plan économique.

Dans l'attente d'une meilleure acceptation de la plante et d'une expansion de la culture, la recherche agronomique s'emploie à développer les techniques de production. La prédominance des cultures intercalaires dans les pays souligne la nécessité d'intégrer la patate douce dans des combinaisons et des successions culturales comportant de préférence des plantes déjà populaires. Plante secondaire tolérante à la sécheresse, elle devrait être plus en mesure que d'autres d'exploiter les ressources du milieu pendant les dernières pluies. Cette exploitation dépend cependant de la résistance des cultivars aux charançons et de la technicité améliorée de la culture.

BIBLIOGRAPHIE

BROOKE, C. 1972. Types of food shortages in Tanzania. p. 173-190. *In* People and land in Africa South of the Sahara. Oxford University Press, London.

CULWICK, G. M. 1941. Nutrition and native agriculture in East Africa. E. Afr. Agric. J. 6(3):146-153.

DAHNIYA, M. T. 1979. Use of sweet potato vines and leaves as human food. *In* First Annual Research Conference IITA, Ibadan, Nigeria. Oct. 15-19, 1979.

KAY, E. E. 1973. Root crops. Tropical Products Institute London.

LI, L. 1974. Variation in protein content and its relation to other characters in sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L) J. Agric. Asso. China. 88: 17-22.

OYENUGA, V. A. 1968. Nigerian foods and feeding stuff. Ibadan Univ. Press. Ibadan, Nigeria.

PURSEGLOVE, J. W. 1974. Tropical crops, dicotyledous. Longman, London.

RUINARD, J. E. 1961. Some remarks on the food value of sweet potato leaves and tubers. Trop. Abstr. 16:761.

LA SITUATION DE LA CULTURE DE LA PATATE DOUCE EN AFRIQUE ORIENTALE ET SON AVENIR

R. K. JANA
Faculte d'Agriculture, Université de Dar es Salaam, PO Box 643, Morogoro, Tanzanie.

INTRODUCTION

Trois pays — Tanzanie, Kenya et Ouganda — forment l'Afrique orientale. La région est située entre l'Océan Indien à l'est et la Vallée du Rift à l'ouest, et elle est bordée, au nord, par la Zambie, le Malawi et le Mozambique. L'Afrique Orientale s'étend entre les latitudes 4° 45' au nord et 11° 50' au sud. Le Tableau 1 donne la superficie des pays d Afrique Orientale. La Tanzanie continentale couvre plus de la moitie de la superficie totale de la région; le Kenya, un peu plus d'un tiers et l'Ouganda environ 13 %. La topographie de la région est très variable, allant des neiges éternelles du Mont Kilimanjaro et du Mont Kenya à la ceinture humide, et des deserts arides de la Province septentrionale du Kenya aux luxuriantes savanes boisées des hauts plateaux. Les conditions climatiques sont aussi très variables, surtout en Tanzanie et au Kenya. Elles vont de celles de la ceinture littorale tropicale ou la température moyenne est superieure à 27°, l humidité élevée et les écarts de température faibles, à celles des climats tempérés des montagnes, ou les températures moyennes varient entre 10° C et 21° C. En Ouganda, les variations climatiques sont moins marquées. Les temperatures moyennes varient la plupart du temps entre 21° C et 25° C.

Tableau 1. La superficie de l'Afrique Orientale (marais inclus)

	Ouganda	Kenya	Tanzanie continentale	Total
Superficie en milles carrés Superficie en km carrés	89 292 236 759	219 789 571 451	341 150 886 990	641 231 1 667 200
Pourcentage du total	13	34	53	100

Source J G C Blacker The Demography of East Africa Hawkins Ltd Nairobi 1962

La pluviométrie annuelle moyenne de l'Afrique Orientale varie de moins de 250 mm à plus de 1500 mm. Certaines parties de la Province Septentrionale du Kenya ne reçoivent qu'environ 125 mm de pluies annuelles. Contrastant avec celles-ci, certaines régions montagneuses reçoivent jusqu'à 2500 mm par an. En plus des disparités considérables qui marquent la pluviométrie totale annuelle, la seconde considération importante concerne la distribution des pluies tout au long de l'année. Dans certaines régions, les pluies sont reparties chaque année en deux saisons bien distinctes; dans d'autres, les précipitations totales pour l'année sont concentrées sur une période si courte que la pratique d'un grand nombre de cultures est impossible. Un bon exemple en est fourni par la Province Septentrionale du Kenya. Là, la culture se limite à de petites surfaces plantées en cultures résistantes à la sécheresse comme le manioc, le sorgho et le mil, qui sont des cultures vivrières de subsistance. Leur rusticité, qui leur permet de résister à des conditions

climatiques défavorables, les rend particulièrement précieuses car elle constitue une assurance contre les échecs culturaux et la famine. Un autre facteur important qui influence la croissance des plantes est la régularité des pluies. Le Tableau 2 donne la pluviométrie annuelle minimum que l'on peut attendre quatre années sur cinq. Il montre qu'en moyenne quatre années sur cinq, 72 % du territoire du Kenya reçoit moins de 500 mm de pluies annuelles, contre 16 % en Tanzanie continentale (Tanganyika) et 12 % en Ouganda. Par opposition, 72 % de l'Ouganda reçoit, en moyenne, quatre ans sur cinq, entre 750 mm et 1250 mm de pluies, contre 47 % en Tanzanie continentale et seulement 12 % au Kenya. Le caractère aléatoire des précipitations, notamment au Kenya, souligne la nécessité incontournable d'une politique agricole et forestière stricte et judicieuse, si l'on veut faire le meilleur usage des terres soumises à de si sévères conditions climatiques. En dépit de la grande variabilité des caractères climatiques et physiques de la région, il est néanmoins possible de diviser l'Afrique Orientale en quatre régions principales : la ceinture côtière, la plaine côtière de l'arrière pays, le grand plateau d'Afrique Orientale et la Dépression du Lac Victoria (Oloya 1969).

Tableau 2. Pourcentage de la superficie qui reçoit quatre années sur cinq une quantité annuelle de pluie déterminée

Précipitations en millimètres	Ouganda	Tanzanie	Kenya	Afrique Orientale
Moins de 20 : 500 mm	12	16	72	35
20 - 30 : 500 - 750 mm	42	33	13	20
30 - 50 : 750 - 1250 mm	42	47	12	41
Plus de 50 : 1250 mm	4	4	3	4

Source : J. F. Griffiths, The Climate of East Africa, Hawkins Ltd, Nairobi, 1962.

IMPORTANCE ET DISTRIBUTION DES PATATES DOUCES EN AFRIQUE ORIENTALE

En Afrique Orientale, la patate douce et le manioc sont les cultures de racines les plus importantes. Des deux, la patate douce est la plus largement répandue. Elle est cultivée dans des régions d'altitude inférieure à 2100 m pour autant qu'elles ne présentent pas une saison sèche trop longue empêchant les tiges de survivre d'une saison à l'autre. Dans certaines régions — comme la Province centrale du Kenya et les versants du Mont Kilimanjaro en Tanzanie — où le niveau standard des petits élevages paysans est élevé, la patate douce est un important aliment du bétail, particulièrement en saison sèche, car elle résiste à la sécheresse. A ces endroits, de nombreuses variétés produisent beaucoup de tiges et peu de racines, et sont cultivées spécialement pour l'alimentation du bétail.

D'après le Recensement de l'Agriculture Ougandaise (1963-64), 86 000 ha étaient plantés en patates douces en 1963, dont 74 000 ha en culture pure et 12 000 ha en association avec d'autres plantes. La culture de la patate douce incombe toujours aux femmes. En tant que culture vivrière complémentaire, les patates douces sont largement cultivées dans presque toutes les régions de l'Ouganda, à tel point que leur distribution est étroitement associée à celle de la population. La plus grande concentration se situe dans le Kigozi du sud. En Ouganda du sud, les patates douces jouissent d'un statut préférentiel dans l'agriculture traditionnelle par rapport au manioc dont l'extension est limitée par l'altitude. Avant 1900, les patates douces étaient importantes au Buganda, au Bwamba et chez les Bakonjo du Ruwenzori. La propagation vers le nord à l'intérieur de l'Ou-

ganda est plus récente puisque la culture ne parvint à Lango que peu avant 1923. Il est possible que son importance ait récemment diminué au sud de l'Ouganda, en raison des plantations de bananiers (Dunbar 1975). Dans d'autres régions, où elles sont moins importantes, on les trouve sur de petites parcelles autour des habitations, traitées en culture maraîchère. Dans ces conditions, les patates douces peuvent être cultivées sur la même parcelle de terrain pendant plusieurs années successives.

Dans la plupart des régions à saison sèche prononcée, elles sont cultivées dans des zones marécageuses pendant les mois secs. Ce mode de culture assure d'une part le matériel de plantation nécessaire à la culture suivante et, d'autre part, procure de la nourriture en attendant la récolte de la culture principale de la saison des pluies — période de l'année pendant laquelle les vivres sont rares. Ces parcelles sont individuelles ou collectives et, dans certains districts, d'Ouganda la loi impose leur mise en culture afin de constituer des réserves en prévision de la famine.

Pour l'Ouganda dans son ensemble, les patates douces occupent environ 9 % des surfaces consacrées aux cultures vivrières (Tableau 3) et sont la quatrième des cultures vivrières les plus importantes après le millet *Eleusine*, la banane et le manioc. Kigezi, en Ouganda, est une région dans laquelle les patates douces ont vu leur importance croître pendant les cinquante dernières années, ce qui peut s'expliquer par une pression de la population sur les terres de ce district telle qu'elle a imposé le remplacement des céréales de base traditionnelles par une plante à racines très productive. Cette hypothèse est appuyée par le fait que les principaux centres de production de patates douces en Afrique Orientale, à savoir Kigezi et la région de Kampala en Ouganda, le Sukumaland en Tanzanie et la réserve Kikuyu au Kenya, sont tous des lieux à haute pression démographique.

La situation actuelle de la culture de la patate douce en Afrique Orientale est présentée dans le Tableau 4. A présent, et selon les estimations de la FAO, un peu plus de 3 % des terres arables d'Ouganda sont cultivées en patate douce. En Tanzanie et au Kenya, la culture de la patate douce couvre environ 1 % des terres arables. En même temps, il est intéressant de noter que le rendement en patate douce par unité de surface est relativement moindre en Ouganda qu'en Tanzanie et au Kenya (Tableau 5), quoique les superficies sous culture en Ouganda soient les plus élevées. La cause de ce phénomène est attribuée avant tout aux maladies, aux insectes nuisibles et au manque de variétés adaptées.

CULTURES DE LA PATATE DOUCE DANS DIFFERENTES PARTIES D'AFRIQUE ORIENTALE

Caractéristiques de la plante

Bien que la patate douce soit souvent traitée comme une plante annuelle, elle est une plante rampante pérenne. Chaque plant produit un grand nombre de tiges rampantes qui se redressent rarement au-dessus de 45 cm. Les patates douces ont des tiges (sarments) feuillues, rampantes ou prostrées, munies de racines adventives qui se terminent en renflement. Là où les nœuds entrent en contact avec le sol ou lorsqu'ils sont enterrés au cours des sarclages, ils peuvent émettre des racines, mais celles-ci sont habituellement plus petites que celles émises par l'extrémité enterrée du matériel de plantation. La plante est cultivée comme une annuelle et est multipliée végétativement à partir de fragments de tiges et rarement à partir de racines. Les boutures sont habituellement mises à blanchir à l'ombre pendant deux jours. Elles émettent alors des racines

plus facilement. La plupart des variétés de patate douce d'Afrique Orientale fleurissent abondamment et l'on remarque en Ouganda que des plantules poussent souvent dans les champs. La

Tableau 3. La superficie plantée en patate douce exprimée en pourcentage par rapport à la superficie des cultures vivrières (statistiques moyennes des superficies de 1957 et 1958)

	Superficie des cultures vivrières	Superficie en patate douce	% superficies patate douce / cultures vivrières
	x 10 ha		
Buganda			
Mengo	266	32	11.0
Masaka	104	6	5.7
Mubende	38	5	13.2
TOTAL	428	43	10.0
Province Orientale			
Busoga	248	32	13.0
Bukedi	258	13	6.2
Bugisu	162	6	3.7
Teso	323	23	7.1
TOTAL	941	74	7.9
Province Occidentale			
Ankole	163	11	6.8
Bunyoro	19	5	10.0
Kigezi	219	49	22.3
Toro	72	6	8.3
TOTAL	503	71	14.1
Province Septentrionale			
Lango	251	13	5.3
Acholi	141	7	5.0
West Nile et Mas	155	12	7.8
Karamoja	46	1	1
TOTAL	595	32	5.4
TOTAL Ouganda	2467	220	8.9

Source : Basée sur les Statistiques de superficies de l'Ouganda Prot. Dept. Agric. Rapport annuel 1958

majorité des variétés sont autostériles mais peuvent produire quelquefois des graines si elles sont cultivées à côté d'autres variétés ou si elles sont pollinisées artificiellement. Les racines varient selon les variétés en taille, forme, couleur et qualité alimentaire. La forme de la feuille, la forme de la racine, la couleur de la racine et la rapport racines - tiges, diffèrent enormément d'une variété à l'autre.

Les premières racines peuvent habituellement être récoltées entre quatre et cinq mois après la plantation. Le cycle cultural (de la plantation à la récolte) dépend de la variété, du climat et de la coutume locale. En Ouganda, en Tanzanie et dans les régions occidentales du Kenya, les patates douces sont rarement laissées dans le sol au-delà d'une année, alors que dans la Province Centrale du Kenya, où la répartition des pluies est favorable, elles demeurent habituellement dans le sol pendant deux ans, voire parfois jusqu'à six ans.

Ecologie

Pluviométrie et besoins en eau

Les patates douces sont très résistantes à la sécheresse. Les tiges restent vertes et pleines de vigueur malgré de sévères périodes de sécheresse, mais la croissance racinaire devient alors négligeable. La patate douce pousse bien dans des zones où la pluviométrie moyenne annuelle est de 750 mm ou plus. Dans les régions à longue période sèche — ce qui est le cas dans de nombreuses régions de Tanzanie — elle est cultivée comme une plante annuelle et replantée près des marais, des rivières et des zones de suintement pendant la période sèche. Là où la pluviométrie est élevée et bien répartie, comme dans la Province Centrale du Kenya, elle est habituellement pérenne.

Tableau 4. Utilisation des terres en Afrique Orientale (1978)

	Tanzanie	Kenya	Ouganda
	x 10³ ha		
Total	94 509	58 265	23 604
Superficie des terres	88 604	56 925	19 971
Terres arables et cultures permanentes	5 140 Z	2 270 Z	5 610 Z
Terres arables	4 110 Z	1 790 Z	4 080 Z
Cultures permanentes	1 030 Z	480 Y	1 530 Z
Pâturages permanents	44 680 Z	3 770 Z	5 000 Y
Forêts et terres boisées	31 074	1 874	2 759 Y
Autres terres	7 710	49 011	6 602

Source: Annuaire des Productions de la FAO, 1979 (vol. 33)

Z: Estimation de la FAO
Y: Donnée non officielle

Tableau 5. Utilisation des terres en Afrique Orientale (1978)

	Tanzanie	Kenya	Ouganda	Afrique
		Superficie (x 10³ ha)		
1969-71	39	30	133	675
1977	54 Z	35	137 Z	749
1978	53 Z	37	139 Z	768
1979	53	38 Z	140 Z	782
		Rendement (kg/ha)		
1969-71	6 053	7 753	5 200	5 954
1977	6 204	7 176	4 818	6 258
1978	6 226	8 884	4 865	6 383
1979	6 226	8 947	4 912	6 459
		Production totale (x 10³ tm)		
1969-71	234	230	693	4 020
1977	335 Z	258	660 Z	4 688
1978	330 Z	330	674 Z	4 905
1979	330 Z	340 Z	689 Z	5 053

Source: Annuaire des Productions de la FAO 1979 (vol. 33)

Z: Estimation de la FAO

Altitude et température

Les patates douces poussent bien dans les régions chaudes et froides de l'Afrique Orientale. Un climat chaud et humide à précipitations régulières permet d'obtenir les meilleurs rendements. La culture est capable de résister à une sécheresse marquée, mais les rendements seront moindres. Elle tolère de l'ombrage qui, toutefois ne doit pas être dense. C'est à des températures supérieures à 24°C qu'elle pousse le mieux. Les patates douces sont couramment cultivées du niveau de la mer à 2100 m d'altitude et certaines jusqu'à 2400 m. C'est pourquoi, aux altitudes supérieures, elles remplacent le manioc, rarement cultivé plus haut que 1500 m.

Exigences édaphiques

Il existe très peu de documentation sur les exigences édaphiques de la patate douce en Afrique Orientale. Elles sont cultivées sur des sols très variés qui vont des sols des marais aux sols érodés. A en juger par la réaction des patates douces au fumier de ferme, elles exigent des sols fertiles pour donner de bons rendements ; elles peuvent certes s'adapter à des sols pauvres, mais le rendement est alors inférieur.

LES OPERATIONS DE TERRAIN

Préparation du sol

En Afrique, les méthodes de préparation du sol sont très diverses. En Ouganda et en bordure des lacs au Kenya, les patates douces sont cultivées sur des buttes écartées d'environ 0,90 m et plantées d'environ quatre boutures chacune. Dans la Province Centrale au Kenya, elles sont presque toujours cultivées à plat. Les billons sont la règle générale en Tanzanie et parfois constatés en Ouganda et au Kenya occidental.
Buttes et billons créent les conditions de sol idéales pour l'expansion racinaire. Là où les patates douces sont cultivées à plat, le sol est habituellement suffisamment friable et bien drainé pour rendre buttes et billons superflus. Toujours est-il qu'un travail profond du sol est nécessaire pour faire de la place pour la croissance des racines et par conséquent, pour obtenir les meilleurs rendements. Toutes les mauvaises herbes — comme *Digitaria scalarum* — doivent être détruites.

Epoque de plantation

Il existe trop peu de données expérimentales pour permettre de conseiller une époque optimale de plantation pour la patate douce. Aussi, ce n'est que très rarement que les planteurs leur donnent la priorité sur les céréales ou sur d'importantes cultures de rente comme le coton. Ils plantent à n'importe quel moment convenable quand le sol est suffisamment humide pour assurer une bonne reprise.

Quand les pluies sont régulièrement réparties tout au long de l'année, comme à Buyanda, la plantation peut s'effectuer presque chaque mois. En présence d'une saison pluvieuse bien marquée, comme à Teso, la plantation a lieu au début des pluies sur le plateau et à la fin des pluies dans les marais.

Matériel de plantation

La propagation par graines est possible mais n'est suceptible d'être utilisée que par les sélectionneurs ; la propagation végétative est la seule méthode pratiquée par les petits propriétaires. Dans toute l'Afrique Orientale, les portions apicales des tiges (celles qui sont les plus éloignées de la base du plant) sont préférées et prélevées sur des plants à maturité. La longueur des boutures

est fonction de la coutume locale et des préférences individuelles ; les fragments de tige peuvent avoir de 23 cm à 90 cm de long. Lorsque le matériel de plantation est peu abondant, il peut être recherché sur les portions médianes ou même basales des tiges. Dans certaines régions d'Afrique Orientale — comme l'Ouganda, les zones lacustres du Kenya et les montagnes méridionales de Tanzanie — le matériel de plantation est couramment fané plusieurs jours avant le repiquage de façon à faciliter l'initiation des racines ; il peut être reccuvert d'une couche de végétaux ou de sol, ou tenu à l'ombre sans couverture directe. Dans d'autres régions, les plants sont repiqués sans fanage préalable.

Methodes de plantation

Les fragments de tiges coupées (ou boutures) d'environ 30-45 cm de long, de l'épaisseur d'un crayon à la base, sont prélevés sur la portion apicale des tiges de plantes à maturité. Elles sont d'habitude blanchies à l'ombre pendant deux jours pour stimuler la croissance des racines. Les boutures, base comprise, sont enterrées à moitié ou aux deux tiers suivant un certain angle. Cependant, les longues boutures sont enterrées prequ'à plat, la pointe sortant du sol à un certain angle. Quelquefois, comme dans la Province Centrale du Kenya, seule la portion médiane des boutures est enterrée, les deux extrémités restant exposées. A Teso et à Bukedi (en Ouganda), elles sont plantées directement sur la butte et couvertes de terre, qui est enlevée deux jours plus tard. Elles doivent être indemne de maladie virale. La méthode traditionnelle consiste à planter sur des buttes, qui sont des monticules de terre soigneusement travaillée. La hauteur, les dimensions et les écartements des buttes varient de tribu à tribu. L'emploi d'un bâton fourchu est courant dans le nord de l'Ouganda et permet de planter de grandes quantités de boutures. Ailleurs, les boutures sont enfouies à la main ou couvertes de terre. Habituellement 2, 3, 4 ou 6 boutures sont plantées dans chaque butte. L'espacement influe peu sur les rendements à l'hectare, mais les écartements plus larges donnent des racines plus grandes. La méthode de plantation moderne consiste à planter sur billons, qui sont anti-erosifs s'ils suivent les contours de relief, et qui peuvent être confectionnés à l'aide de corps butteurs tirés par des bœufs ou par un tracteur. La culture à plat est utilisée pour les cultures pérennes quand la couverture du sol est nécessaire.

Ecartements

La patate douce est habituellement plantée en culture pure ou avec des cultures pérennes. Elle se répand si rapidement que la culture intercalaire avec les plantes annuelles est rare, mais, si tel est le cas, la plantation est habituellement retardée jusqu'au moment où les autres cultures sont bien installées. Quand la culture est faite à plat, un écartement au hasard est adopté. Quand la culture est faite sur billons, ceux-ci sont espacés de 0,90 m - 1,50 m et les tiges ne contribuent pas beaucoup à l'obtention de bons rendements.

Engrais et fumiers

Les engrais azotés n'ont pas donné de bons résultats en Afrique Orientale ; les rendements en feuillage ont quelquefois augmentés mais les rendements en racines ne se sont pas améliorés, voire même ont décru. L'application de P et de K n'est pas encourageante ; le fumier de ferme donne toujours de bons résultats mais il est très rarement utilisé.

Variétés

Il existe un grand nombre de variétés qui diffèrent par le goût, la valeur nutritive, la taille, la forme et la couleur des racines, l'époque de maturité, le rendement, la résistance aux insectes et aux

maladies, la structure de la feuille et ainsi de suite. A Ukiriguru, en Tanzanie, des collections de plus de 2000 clones ont été constituées dans le passé. Les perspectives dans le domaine de l'amélioration, de la sélection et de la création variétale sont vastes. De nouvelles variétés sont périodiquement trouvées, provenant probablement de plantules qui se sont ensemencées d'elles-mêmes à partir de semence résultant du croisement entre des variétés en floraison. Les nouvelles variétés se font en 10-20 ans. Un des problèmes inhérent à la culture de la patate douce en Afrique Orientale est la dégénérescence fréquente des variétés avec le temps. Les maladies virales sont soupçonnées d'être la cause de cette dégénérescence. On pense que les nouvelles variétés proviennent de plantules spontanées.

Rotations

La culture est souvent pratiquée sur de petites parcelles autour des maisons ou en bordure des marais et, la plupart du temps, n'est pas comprise dans une rotation — sinon elle se place habituellement en fin de cycle. Elle peut occasionnellement être utilisée en première culture pour nettoyer le terrain. Quand les patates douces sont établies en culture pure, et c'est le cas le plus courant, elles peuvent faire partie intégrante d'une rotation culturale. Des exemples de culture continue sont : la culture sur les versants abrupts des montagnes (où les patates douces couvrent le sol et empêchent l'érosion mieux que ne le font la plupart des autres cultures), la culture en petites parcelles près de la ferme (à des endroits choisis pour faciliter le transport), la culture le long des routes (notamment dans certaines parties du Kenya où les arrêtés municipaux interdisent la culture des plantes de grande taille, comme le maïs, directement en bordure des routes), et dans le fond des vallées. A la différence de l'Ouganda et des régions occidentales du Kenya où les patates douces font souvent partie d'une rotation comme première culture après le désherbage du terrain, dans la Province Centrale du Kenya elles sont souvent cultivées sur des terres appauvries par des cultures antérieures de maïs et de haricots.

Contrôle des mauvaises herbes

En ce qui concerne la patate douce, le désherbage ne pose pas un gros problème. La plante est tellement volontaire qu'elle couvre rapidement le sol et supprime la plupart des mauvaises herbes. Deux ou trois sarclages soigneux peuvent être effectués dans les deux premiers mois de la culture mais une fois que celle-ci couvre suffisamment le sol, la plus grande partie des mauvaises herbes est étouffée. Quelquefois, il n'est même pas du tout nécessaire de sarcler.

Récolte et conservation

Les patates douces sont habituellement récoltées une par une car les besoins domestiques n'en demandent que peu à la fois et, qu'à la différence d'autres légumes, elles ne peuvent être conservées en bon état de fraîcheur que pendant quelques jours. Ce n'est que coupées en tranches et séchées qu'elles peuvent être conservées très longtemps, mais cette pratique n'est pas courante. Le fait de prélever une ou deux racines et de laisser les autres en place ne nuit aucunement au plant. Un bâton taillé en pointe est souvent utilisé pour la récolte ; si, par contre, un « jembe » ou une houe manuelle est utilisée, les risques d'endommager les racines augmentent. Le séchage fait perdre aux racines environ 2/3 de leur poids.

Rendements

Des données exactes sont difficiles à obtenir localement à cause des méthodes de récolte. Les rendements peuvent varier entre 2,5 - 15 t/ha de racines fraîches. De plus, 2,5 - 10 t/ha de fanes sont produites et constituent une nourriture de grande valeur pour le bétail.

Insectes nuisibles et maladies

En Afrique Orientale, les charançons de la patate douce sont les insectes qui lui infligent le plus de dommages. Il existe deux espèces, *Cylas formicarius* et *C. puncticollis*. La première est la plus commune. Les larves creusent des galeries dans les tiges et dans les racines, provoquant ainsi la décoloration et l'amertume des racines, et le rabougrissement et le jaunissement des tiges. Le virus B de la patate douce est l'agent causal de la seule maladie qui menace sérieusement la culture de la patate douce en Afrique Orientale. Elle provoque le rabougrissement, la ramification excessive et le jaunissement des tiges, et des symptômes de malformation de phelloderme peuvent se développer dans les racines. Le virus B est transmis par des aleurodes *(Bemisia spp.)*. Un autre virus, le virus A de la patate douce, qui est transmis par des aphides, a une importance minime excepté en Tanzanie occidentale.

Utilisation

La méthode de préparation des racines de patate douce communément utilisée consiste à les faire bouillir sans les peler ; elles sont pelées juste avant d'être consommées. Une autre méthode populaire en usage dans les Provinces Orientale et Centrale du Kenya est de les faire rôtir sous la cendre, sans les peler. Une façon moins répandue de les cuisiner consiste à les peler et les découper en tranches puis à les faire bouillir ou frire avec d'autres racines ou tubercules, des céréales, des légumineuses ou encore avec des légumes. Dans certaines régions — comme celle de Nyanza au Kenya et en Tanzanie occidentale — les patates douces sont pelées, coupées en tranches, séchées, et ensuite réduites en farine et mélangées avec du sorgho ou du maïs pour confectionner l'ugali ou l'uji (Acland 1975 ; Dunbar 1975).

ACTIVITÉS DE RECHERCHE SUR LES PATATES DOUCES EN AFRIQUE ORIENTALE

Bien que la patate douce soit l'une des plus importantes plantes vivrières d'Afrique Orientale, les activités de recherche la concernant font actuellement défaut. Dans les années 1960, quelques travaux de recherche furent menés en Ouganda et au Kenya par des équipes d'expatriés (Aldrich 1963 ; Ingram 1967 ; Mac Donald 1963 ; Wheatley 1961) mais ils ne furent pas poursuivis en Ouganda à cause des bouleversements politiques.

En Tanzanie, la recherche sur la patate douce a été lancée en 1967 à la Station de Recherches d'Ukiriguru (Tanzanie occidentale près du Lac Victoria). La recherche comprenait l'étude de collections variétales, des époques de plantation, des écartements, de l'effet de la forme et des dimensions des feuilles sur la tolérance variétale à des plantations tardives et ainsi de suite. La discontinuité dans la plupart des travaux s'explique dans ce cas par le roulement du personnel expatrié et la crise de la main d'œuvre locale. De plus, une grande partie des variétés collectées dans le pays ou introduites de l'étranger ne furent pas conservées et beaucoup d'autres ne survécurent pas à la sécheresse, aux prédateurs et aux maladies (Rapports Annuels 1970, 1972).

Récemment, le Programme national d'amélioration des plantes à racines et à tubercules de Tanzanie a été mis en place fut installé à Ukiriguru et investi de la responsabilité d'améliorer la production de patates douces dans le pays en identifiant les facteurs limitants de leur production. Parmi ceux-ci figurent : usage continu de variétés peu productives ; technique agricole défectueuse ; problèmes d'insectes et de maladies ; installations de stockage insuffisantes ; problèmes de conditionnement ; utilisation inadéquate de la culture. Bien que les variétés locales de patates

douces aient toujours montré une faible capacité de production de racines et peu de résistance aux maladies et aux insectes nuisibles, les agriculteurs continuent à les cultiver dans leur environnement respectif et en appliquant de mauvaises pratiques culturales. Ceci s'explique par le fait que la plupart des agriculteurs ne disposent ni de variétés améliorées, ni du paquet technologique mis au point dans les stations de recherches agronomiques et que les quelques agriculteurs qui y ont accès ne les utilisent pas parce que c'est quelque chose de nouveau dont ils n'ont encore jamais vu les résultats (Rapports Annuels 1978, 1979).

Des paragraphes précédents, il ressort clairement que les trois pays d'Afrique Orientale ont un besoin urgent d'un programme de recherche bien coordonné sur la patate douce. C'est une satisfaction que de constater qu'un tel programme a d'ores et déjà été lancé et qu'il est en train de se renforcer, notamment en Tanzanie.

L'AVENIR DE LA PATATE DOUCE EN AFRIQUE ORIENTALE

Ces dernières années, les pays d'Afrique Orientale ont gravement souffert de la famine. En outre, pour des raisons multiples, la production de céréales est également stagnante. On a observé que la patate douce est cultivée dans presque toute l'Afrique Orientale et qu'elle est populaire dans les systèmes de culture traditionnels.

Le potentiel productif de la patate douce étant extrêmement élevé et cette plante bénéficiant du fait d'être déjà connue dans la région, il ne fait aucun doute qu'elle possède un brillant avenir en Afrique Orientale pour contribuer à couvrir les besoins alimentaires de la région.

BIBLIOGRAPHIE

ACLAND, J. D. 1975. East African Crops. Longman Group Limited. London. P. 204-207.

ALDRICH, D. T. A. 1963. The sweet potato crop in Uganda. E. Afr. Agric. For. J. 29:12.

ANNUAL REPORTS. 1978 and 1979. The national roots and tuber crops research programmes in Tanzania.

ANNUAL REPORTS. 1971 and 1972. Agricultural Research Institute, Ukiriguru, Tanzania.

BLACKER, J. G. C. 1962. The demography of East Africa. Hawkins Ltd. Nairobi.

DUNBAR, A. R. 1975. The annual crops of Uganda. East African Literature Bureau. p. 35-43.

FAO Production Yearbook. 1979. Vol. 33.

GRIFFITHS, J. G. 1962. The climate of East Africa. Hawkins Ltd. Nairobi.

INGRAM, W. R. 1967. Chemical Control of sweet potato weevil in Uganda. E. Afr. Agric. For. J. 33:163.

MacDONALD, A. S. 1963. Sweet potatoes, with particular reference to the tropics. Field Crop Abstr. 16:219.

MacDONALD, A. S. 1965. Variation in open pollinated sweet potato seedlings in Buganda. East Africa. E. Afr. Agric. For. J. 31:183.

OLOYA, J. J. 1969. Coffee, cotton, sisal and tea in the East African economies.

UGANDA PROTECTORATE, Department of Agriculture Annual Report. 1958.

WHEATLEY, P. E. 1961. Insect pests of agriculture in the Coast Province of Kenya. III - Sweet potato. E. Afr. Agric. For. J. 26:228.

UGANDA CENSUS OF AGRICULTURE. 1963-67. Entebbe; Ministry of Agriculture and Cooperatives.

DISCUSSION GÉNÉRALE

(SÉANCE I)

URITANI : *Pourriez-vous nous expliquer si, à l'avenir, la patate douce sera préférable au manioc sous les tropiques.*

VILLARÉAL : Les scientifiques de la patate douce estiment que la patate douce possède un meilleur potentiel que le manioc essentiellement en raison de son cycle cultural plus court et de sa valeur nutritionnelle plus élevée.

SALIRE : *La patate douce est-elle meilleure que le manioc pour la production d'alcool ?*

VILLARÉAL : Je pense qu'ils donnent des rendements à l'hectare comparables mais la patate douce semble légèrement dépasser le manioc si le rendement est exprimé sur une base journalière. Comme vous le savez, la patate douce a un cycle végétatif plus court que celui du manioc.

SALIRE : *Dans la région de Bicol aux Philippines, certains agriculteurs préfèrent planter la patate douce le mercredi des Cendres, persuadés d'obtenir des racines plus grosses et plus abondantes. Y-a-t-il une quelconque raison scientifique expliquant cette coutume ?*

VILLARÉAL : Il s'agit d'une superstition pour laquelle je suis incapable de fournir la moindre explication scientifique.

KAYS : *Sur sols compacts, les deux composantes primaires de la réduction de rendement sont diminuées : concentration de l'oxygène du sol et impédance mécanique. Quelle est celle des deux qui vous semble être la plus importante pour la production de patate douce ?*

VILLARÉAL : Je pense que l'une comme l'autre sont importantes. Je ne suis pas sûr de savoir laquelle est la plus importante. Le Docteur Sajjapongse fera une communication sur la compacité du sol jeudi mais il souhaite peut-être faire dès à présent un commentaire à ce sujet.

SAJJAPONGSE : Dans notre expérience, l'oxygène n'était pas limitatif. De ce fait, l'impédance mécanique était plus importante. Cependant, en conditions de submersion, l'oxygène du sol devient un facteur critique.

ANONYME : *Existe-t-il quelque rapport ou étude sur la domestication de la patate douce sur l'une ou l'autre des îles du Pacifique ?*

YEN : Non. J'ai recherché des possibilités dans des genres comme *Canarium*, *Burckella*, *Pandanus*, et autres, mais il n'y a aucune explication probante de l'origine de la patate douce hormis la diffusion et la formation de variétés par recombinaison génétique et mutation.

VILLARÉAL : *Quelle partie des Philippines peut-on considérer comme centre secondaire de variabilité de la patate douce ?*

YEN : Je dirais le centre de la montagneuse Luçon - chez les populations Ifugao et Bontoc - à en juger par le grand assortiment de variétés, la production de semences et les exemples ethnographiques de sélection de plantules.

VILLARÉAL : *Un élément quelconque qui pourrait révéler quelle forme ou quelle sorte de patate douce était cultivée il y a environ 300 ans ?*

YEN : Je suppose que vous voulez dire dans le Pacifique dans son ensemble. Des indices provenant des régions relativement isolées comme l'île de Pâques, la Nouvelle Zélande et les Salomon orientales, donnent à penser que les anciennes variétés avaient la peau blanche, la chair blanche ou blanchâtre, et qu'elles étaient moins productives que les introductions plus récentes. Leur port était également plus buissonneux

ANONYME : *A votre avis, que faut-il préferer - cycle cultural long ou court ?*

YANG : Du point de vue de l'efficience de la fixation de l'énergie solaire, la culture à long terme est meilleure que la culture à court terme. Pour déterminer quelle est la meilleure, les points suivants devraient aussi être pris en considération : la rotation culturale, le prix de la patate douce sur la marché à l'époque de la récolte, l'incidence des facteurs climatiques sur le séchage des cossettes au soleil et la situation économique des agriculteurs.

WINARNO : *Dans quelles conditions physiques étaient les rats ayant reçu des rations complétées par de la patate douce ?*

YANG : Aucune modification dans l'aspect physique des rats n'a été observée, qu'ils soient au régime riz seul ou au régime riz additionné de patate douce.

ANONYME : *Pourriez-vous faire quelques commentaires sur l'utilisation d'engrais dans le but de relever le taux de protéine de la patate douce et plus particulièrement en vue d'augmenter son taux d'aspartate*

YANG : Les taux d'aspartate des protéines brutes de la patate douce ont substantiellement augmenté suite à l'application de doses plus fortes d'engrais en condition de culture à court terme. Une chute prononcée des taux d'aspartate a été observée en même temps qu'une diminution du taux de protéine, quand la culture était prolongée de 31 jours et, pendant cette période, des taux d'acides aminés libres accrus ont été observés. J'en déduis donc, que les protéines dotées d'un taux d'aspartate relativement élevé se sont désintégrées durant la période de récolte prolongée.

WINARNO : *L'incorporation de patate douce dans les régimes de sevrage est-elle une possibilité pour l'avenir ?*

HUANG : Il est impossible d'utiliser la patate douce comme aliment principal du sevrage car la capacité d'un estomac d'enfant est réduite et ne lui permet pas d'en contenir assez pour se procurer suffisamment de calories et de protéines. La variété riche en carotène peut toutefois être utilisée comme supplément car elle fournit la pro-vitamine A, qui prévient la xérophthalmie.

WINARNO : *Dans quel état physique se trouvaient vos plus jeunes sujets après leur cure de patate douce ?*

HUANG : Ils sont de plus courte taille et plus légers pour leur âge comparés aux Chinois.

ANONYME : *Est-il possible que les différences entre les résultats de l'étude menée en Nouvelle Guinée et ceux de votre étude puissent être dus à des facteurs génétiques ?*

HUANG : L'étude de Nouvelle Guinée a été réalisée dans le foyer des sujets, dans les montagnes, et cela peut expliquer l'imprécision probable des mesures de l'azote alimentaire ingéré, des analyses d'urine et de matières fécales, et autres. Notre étude a été conduite dans une clinique métabolique, sous contrôle strict. Nos études précédentes sur les besoins en protéine des Chinois ont révélé certaines différences entre Chinois et Blancs des Etats-Unis. Donc, la possibilité existe mais il est difficile de tenir pour établi, en se basant sur la présente étude, que les différences sont dues à des facteurs génétiques.

ANONYME : La consommation de patate douce aux Etats-Unis a suivi une courbe similaire à celle mentionnée au sujet de Taiwan, mais moins accentuée. Son déclin s'explique le plus souvent par sa réputation de plante de survivance acquise lors de la Grande Crise. Toutefois, même cela n'est pas tout à fait exact. Une étude récente des principaux marchés des états de l'est du centre-ouest révèle qu'elle constitue un mets de choix pour les fêtes du Thanksgiving, de Noël et de Pâques.

JONES : Je ne connais pas grand-chose en matière de recherche nutritionnelle et de ce fait je me place ici un peu en dehors de mon domaine technique propre. Cependant, Taiwan et d'autres régions peuvent bénéficier de notre expérience américaine. Je pense qu'une des raisons de la

régression de la consommation de patates douces aux Etats-Unis est, qu'à l'époque où l'exode rural vers les villes était important, le prix des patates douces augmentait rapidement. Cette population d'origine campagnarde appréciait les patates douces mais n'avait simplement pas les moyens de se les procurer comme aliment de base. Aussi, ce n'est qu'à l'occasion des fêtes qu'ils se payaient ce luxe. Au fur et à mesure que le prix montait, le marché potentiel s'amenuisait. La leçon à tirer est que si l'on veut que la patate douce reste une denrée vivrière de base, il faut veiller à maintenir son prix assez bas pour lui permettre de concurrencer les autres aliments de base.

YEH : *Est-il possible de sélectionner un cultivar de patate douce comparable au riz comme aliment de base ? Quel est le facteur limitant dans ce domaine ?*

TSOU : Nous essayons d'améliorer la patate douce en tant qu'aliment de base complémentaire plutôt que comme aliment de base à proprement parler. Nous pensons que la teneur en sucre des cultivars actuels est un des facteurs qui s'opposent à l'utilisation de la patate douce comme aliment de complément.

MOY : *A la fin de votre exposé, vous avez parlé de plusieurs caractéristiques souhaitables chez la patate douce pour son exploitation sous forme de produits fabriqués et pour une utilisation accrue. A quel type de produit de transformation pensez-vous ?*

TSOU : Je pense à des cubes de patate douce partiellement déshydratés, qui se conservent facilement et qui sont cuits directement avec du riz en utilisant un réchaud électrique.

OKA : *Quel est l'âge de la culture de la patate douce en Papouasie - Nouvelle Guinée ? Tracez-nous un bref historique.*

AKUS : On admet généralement que la patate douce fut introduite en Papouasie-Nouvelle Guinée venant des Antilles via l'Afrique, au cours des 400 dernières années, après la découverte du Nouveau Monde par les Européens. Toutefois les archéologues de PNG estiment de plus en plus que la patate douce pourrait avoir été cultivée depuis beaucoup plus longtemps que 400 ans.

URITANI : *Les patates douces produisent des phytoalexines par réaction à des infections fongiques ou à des attaques de charançons. La production de phytoalexines, qui sont toxiques et amères, vous pose-t-elle des problèmes ?*

AKUS : En ce qui nous concerne, le problème posé par le charançon de la patate douce est limité à la zone secondaire des plaines. Une étude approfondie du charançon et des problèmes connexes n'a pas dû, par conséquent, être entamée. Elle sera cependant réalisée en son temps.

ANONYME : *La patate douce peut-elle être en Papouasie-Nouvelle Guinée plantée en lignes au lieu d'être plantée en monticules ?*

AKUS : La patate douce est cultivée de nombreuses façons en Papouasie - Nouvelle Guinée. Elle est cultivée à plat, sur de petites buttes, sur de grandes buttes ou sur des billons. Les meilleurs rendements sont obtenus avec la méthode des grandes buttes (1,5 × 1 m).

LEE : *Pourquoi plantez-vous les patates douces sur des buttes au lieu d'appliquer la méthode traditionnelle des billons ? Disposez-vous de chiffres de rendement relatifs à ces deux méthodes de plantation ?*

AKUS : Les deux méthodes ont été essayées et l'on a observé que les rendements obtenus sur les buttes étaient de loin supérieurs à ceux obtenus sur les billons. Les buttes donnaient 28 % de racines de plus que les billons. Toutefois, la confection des buttes demande plus de travail que celle des billons.

URITANI : *Pourriez-vous expliquer la manière de conserver les racines de patate douce, pour l'alimentation ou la semence, dans des conditions naturelles ?*

AKUS : Pour conserver les patates douces pour l'alimentation, notre méthode de récolte est d

conseiller. Nous récoltons de grandes racines à la demande. En Papouasie - Nouvelle Guinée, la patate douce n'est pas multipliée à partir de semences. Toutes les variétés de patate douce sont multipliées végétativement.

ANONYME : *Vos patates douces sont cultivées des basses aux hautes altitudes. Avez-vous des données au sujet des variétés, et notamment sur les époques de maturité en altitude basse, moyenne et haute ?*

AKUS : Notre région est divisée en deux : les montagnes et les plaines. Six variétés ont été recommandées pour la culture de montagne. Les plaines ont leurs propres variétés. Les patates douces sont récoltées après 5-6 mois dans les plaines, après 6-8 mois aux altitudes intermédiaires et après 8-12 mois ou plus dans les montagnes.

SEANCE II

LA TUBERISATION CHEZ LA PATATE DOUCE

(Impomoea batatas (L) Lam)

L. A. WILSON
Département de Science Agricole, Université des Antilles, St Augustine, Trinité, Antilles.

INTRODUCTION

La tubérisation des racines est définie ici comme la somme totale de tous les processus conduisant à la formation de racines mûres chez la patate douce. Elle a pris naissance à un certain moment dans l'évolution phylogénétique du genre *Ipomoea* pour donner la tubéreuse caractéristique *Ipomoea batatas*. Elle se répète pendant la croissance des diverses variétés et cultivars actuels qui sont cultivés dans le monde tropical et subtropical de nos jours. Des hypothèses diverses sur l'origine de l'espèce patate douce sont brièvement décrites et les processus biologiques en jeu dans l'initiation, la formation et la croissance des racines tubéreuses sont passés en revue. La variabilité du rendement et de ses composantes à l'intérieur de l'espèce est esquissée et le degré de productivité photosynthétique potentielle est discuté.

INITIATION DU TUBERCULE

Wilson (1970) a défini le tubercule de la patate douce comme le renflement latéral localisé qui se forme sur certaines racines du système racinaire de la patate douce. Plus tard, Wilson et Lowe (1973 a) ont désigné ces racines organiquement capables de porter des tubercules par analogie avec les stolons de la pomme de terre *Solanum*. La portée d'une telle dénomination est qu'elle permet effectivement de considérer la genèse de l'organe porteur de tubercule comme faisant partie intégrante du processus d'initiation de celui-ci. Examinant la morphologie élémentaire du système racinaire de la patate douce, Wilson (1970) classait les racines en dix types (Figure 1). De plus, les racines adventives peuvent avoir une origine nodale ou internodale et, chez certaines variétés de patate douce, on observe des racines pigmentées et non pigmentées (Wilson et Lowe 1973 b). Chez les plants de patate douce issus de boutures de tiges, les grosses racines à géotropisme positif, organes aptes à porter des tubercules, donnent naissance à des racines en forme de ficelle, à des racines en forme de crayon ou à des racines porteuses de tubercule (Wilson 1970). Chez les plants issus de tubercules mis en terre certaines racines poussant sur le tubercule donnent naissance à des tubercules fils. Les racines qui sont diageotropiques, adventives, latérales ou qui sont émises par le tubercule ne donnent pas normalement naissance à des tubercules. Cependant, les tubercules émettent des racines latérales et la racine qui prolonge le tubercule est appelée la racine proximale du tubercule.

Wilson (1970) estime que l'assimilation des grosses racines à des organes porteurs des tubercules est justifiée par

(i) leur forme et leur fonction différentes de celles des autres types de racines

(ii) la différence qui existe entre les facteurs qui contrôlent le processus d'initiation de tubercules sur les grosses racines et ceux qui conduisent à la formation et à la croissance de celles-ci.

De la même façon, il a été établi que les grosses racines différaient des racines minces par leur plus grande taille et la croissance plus rapide de leurs méristèmes proximaux, et par leur émission

à partir de nœuds plus proches de l'apex de la tige et de nœuds pauvres en primordia de racines (Togari 1950). Par contre, les racines d'origine internodale étaient presque exclusivement des racines minces (Togari 1950). Parmi les différences fonctionnelles qui séparent les types de racines, la plus importante est la capacité que possèdent les grosses racines d'initier des tubercules à partir d'une zone sub-proximale spécifique. La preuve que l'initiation du tubercule est soumise à des facteurs autres que ceux qui contrôlent la croissance ordinaire des grosses racines est fournie par les conditions spécifiques suivantes qui favorisent le développement de la racine mais apparemment inhibent l'initiation du tubercule ou, du moins, sa croissance initiale :

1) exposition du système racinaire à la lumière (Tsuno et Fujise 1965),

2) croissance des racines dans de l'eau, même si elle est bien aérée (Wilson 1969),

3) croissance des racines dans des sols gorgés d'eau déficients en oxygène ou dans des sols secs et compacts (Togari 1950),

4) exposition des racines à de hauts niveaux d'application de NO_3-N (Wilson 1973 a, 1873 b).

1. Racines adventives (racines développées sur la tige)
   - (A) Racines à géotropisme positif
     - (I) racines minces (Togari 1950 ; Wilson 1970)
     - (II) racines grosses (Togari 1950)
     - (III) racines en forme de ficelle (Wilson 1970)
     - (IX) racines en forme de crayon (Togari 1950)
     - (V) racines à tubercule (Wilson 1970)
   - (B) Racines à diagéotropisme (racines de surface de Fujise et Tsuno 1967)
     - (VI) racines minces
     - (VII) racines grosses
2. Racines latérales (racines formées sur des racines plus âgées)
3. Racines de tubercule (racines poussant sur les tubercules)
   - (A) Racine proximale du tubercule (Wilson et Lowe 1973 a)
   - (B) Racines latérales du tubercule

Figure 1. Types de racines du système racinaire de la patate douce

Wilson (1970) souligne que le géotropisme positif de la racine porteuse de tubercule et son aptitude à émettre éventuellement des pousses (plutôt latérales que terminales) en conditions de forte fumure azotée (Wilson 1973 b) complète l'analogie évidente entre la racine porteuse de tubercule de la patate douce et le stolon de la pomme de terre *Solanum*. En conditions souterraines obscures, dans un sol ferme et bien aéré, peu approvisionné en azote, l'initiation tubéreuse se déclenche et se traduit par un gonflement localisé, latéral et sub-proximal de la racine tubéreuse. Le tubercule sépare la racine en deux parties : la portion terminale ou « queue » et la portion proximale de la racine au sommet du tubercule.

Les considérations anatomiques sur l'initiation tubéreuse ont porté sur :

a) l'initiation de l'organe portant le tubercule (grosses racines)

b) l'initiation du tubercule sur cet organe.

Artschwager (1924) et Togari (1950) ont montré que les racines minces tétrarches étaient distinctes des grosses racines pentarches ou hexarches. De plus, il fut observé que l'initiation de la tubérisation se produisait dans ces grosses racines qui possédaient aussi une moelle centrale avec ou sans cellule centrale de métaxylème. Wilson et Lowe (1973a) ont confirmé plus tard ces découvertes chez des variétés de patate douce des Caraïbes tout en maintenant que malgré l'impossibilité pour une racine tétrarche d'être tubéreuse, beaucoup de racines pentarches et hexarches ne l'étaient pas non plus. De même, des racines pentarches ou hexarches et tubéreuses dans leurs portions distales devenaient quelquefois tétrarches à leur extrémité proximale pour former de tête du tubercule. De toute façon, il y a accord sur le fait que le processus d'initiation tubéreuse implique la genèse de cambiums primaires anormaux dans la moelle centrale entourant la cellule centrale de métaxylème, de même qu'un cambium vasculaire capable d'une production centripète de cellules parenchymateuses de réserve à la place d'une production de cellules de xylème (Artschwager 1924; Togari 1950; Wilson et Lowe 1973a). L'ancien rapport de McCormick (1916) selon lequel l'initiation de la tubérisation se produisait dans les racines par le développement centripète complet de la stèle devant se dissoudre plus tard suite à l'activité méristématique des cellules du parenchyme adjacent et du cambium vasculaire ne fut pas confirmé par les études ultérieures. En outre, Wilson et Lowe (1973a) ont souligné que cette activité méristématique accrue donnait naissance à des cambiums primaires et secondaires anormaux respectivement autour des xylèmes primaires et secondaires. Par ailleurs, le développement centripète quasi général des éléments du xylème primaire en conduisant à la lignification de la moelle centrale, empêchait le processus de tubérisation caractérisé par la formation d'un parenchyme secondaire par le cambium vasculaire. Cette lignification progressive développait des racines en forme de ficelle et de crayon, secondairement épaissies de façon uniforme, et plus avant dans l'ontogénèse du tubercule, délimitait celui-ci entre ses portions proximales et distales.

L'initiation du tubercule, telle qu'elle vient d'être décrite, a lieu de 2 à 8 semaines après la plantation des boutures de cultivars des Caraïbes et, à ce moment, n'est signalée par aucun gonflement latéral communément appelé tubercule. La physiologie et la biochimie de l'initiation tubéreuse définie sur le plan anatomique a été peu étudiée, probablement à cause des opérations fastidieuses de section [illegible] ent des racines nécessaires à l'étude du processus. Par contre, des études ont été réalisées sur les facteurs influençant le processus décrit comme la croissance initiale du tubercule, c'est-à-dire son expansion latérale initiale. Cependant, il faut mentionner que Wilson et Duncan (1968) ont montré que la localisation des cellules de la moelle dans les zones indifférenciées de la racine peut être déterminée par l'absence d'activité des peroxydases par opposition aux cellules de pré-xylème environnantes, ce qui fait penser que la formation de la moelle (et de la, l'initiation du tubercule) pourrait bien être déterminée avant toute différenciation cellulaire visible. De même, les auxines sont connues pour augmenter le nombre d'éléments du xylème chez les fougères et des plantes plus évoluées (Wardlaw 1968), ainsi que dans les extrémités des racines de *Pisum sativum* cultivées en milieu aseptique (Torrey 1955). Un effet de ce genre exercé par l'auxine sur l'ontogénèse initiale des racines de patate douce peut signifier que l'approvisionnement en auxine était critique pour les racines pentarches et hexarches, étant conditionnant l'initiation de la tubérisation.

LE DEVELOPPEMENT DU TUBERCULE

Le développement du tubercule est défini ici comme les modifications qualitatives de la croissance du système racinaire de la patate douce au cours de la transformation des racines potentiellement tubéreuses en tubercules pleinement développés. Il faut inclure dans ces modifications celles qui résultent de la non-tubérisation conduisant à la formation de racines ficelles et de racines crayons, comme indiqué ci-dessous :

- initiation du tubercule et début de la croissance,
- formation d'autres types de racines, par ex. les racines en forme de ficelle ou de crayon,
- développement de la queue du tubercule,
- détermination de la forme du tubercule,
- formation des bourgeons,
- développement des racines latérales du tubercule.

Ces processus n'ont pas été étudiés en détail et c'est pourquoi ce n'est qu'un bref aperçu des informations disponibles qui est donné ci-après.

Initiation du tubercule et début de la croissance

Bien que le processus d'initiation du tubercule ait été précédemment décrit, il faut noter ici que si le processus est défini sur la base de la structure primaire de la stèle des grosses racines, il commence donc déjà à l'initiation de la racine. Cependant, la définition du processus sur la base de l'activité méristématique des cellules primaires dans la région sub-proximale des grosses racines tubéreuses signifie que l'initiation du tubercule commence plus tard dans l'ontogénie de la racine. Quoiqu'il en soit, Lowe et Wilson (1974 a) ont établi que le processus avait abouti huit semaines après la plantation des boutures, époque à laquelle de nombreux tubercules typiques pouvaient être distingués chez les six cultivars étudiés. Au cours de ce processus d'initiation du tubercule, les faits suivants ont été relevés :

1. Augmentation rapide du nombre de racines pigmentées et non pigmentées pendant la période s'étendant de la semaine 1 à la semaine 4 après la plantation.

2. Augmentation du nombre de racines épaissies et diminution du nombre total de racines entre les semaines 4 et 12 ; mais avec une augmentation moyenne significative du nombre de racines épaissies de 117 % entre les semaines 8 et 12.

3. Augmentation du nombre de tubercules jusqu'aux valeurs maximum chez cinq des six cultivars étudiés dès la semaine 8 (Lowe et Wilson 1974 a).

Les tubercules ayant été identifiés dans cette étude par leur apparence morphologique, en l'occurence les renflements latéraux, plutôt que par des observations anatomiques, leur processus de croissance initiale, qui est le fait de l'activité des méristèmes primaires, secondaires et tertiaires, a été inclus dans la définition de l'initiation du tubercule.

Formation d'autres types de racines

La période séparant les semaines 8 et 12 est apparue critique pour la formation d'autres types de racines tubéreuses, autrement dit des racines ficelle et crayon, par la signification progressive des tissus secondaires de la stèle permettant de cerner la notion de nombre de tubercules (Lowe et Wilson 1974 a). Ainsi, l'index de tubérisation potentielle définissant le nombre total de racines

tubéreuses et l'index de pourcentage de tubérisation définissant le nombre des racines tubérisées, on a constaté une forte réduction de la valeur de l'index de pourcentage de tubérisation dans la période entre les semaines 8 et 12 après la plantation, indiquant que le processus de tubérisation était entravé par la formation de racines ficelle uniformément épaissies. Il en est résulté une augmentation seulement marginale du nombre de tubercules après la semaine 8. Cependant, chez l'un des six cultivars étudiés (I 62), l'initiation des tubercules a continué pendant toute la période de croissance de 24 semaines.

Développement de la queue du tubercule

Lowe et Wilson (1974 b) ont établi que la queue du tubercule avait pratiquement atteint sa plus grande longueur à la fin de l'initiation de celui-ci à la semaine 8 chez deux cultivars (Al 6 15, C 9 9) et que le pourcentage des augmentations chez les quatre autres cultivars à la récolte finale (24 semaines après la plantation) allait de 15-34 %. La longueur finale atteinte par la queue variait de 2,4-7,6 cm, laissant entendre que la longueur de la queue était un caractère varietal. L'anatomie de la queue du tubercule (Wilson et Lowe 1973 a, c) a montré que les éléments du xylème secondaire avaient la structure, soit des racines ficelle à lignification complètement centripète, soit des racines crayon à lignification incomplète, avec présence de rayons médullaires et de parenchyme du xylème secondaire. Il s'ensuit que la région sub-proximale de la racine tubéreuse le long de laquelle l'initiation tubéreuse se produit diffère selon les cultivars. Bien que la longueur de la queue soit virtuellement déterminée à l'achèvement de l'initiation du tubercule huit semaines après la plantation, il y a épaississement progressif secondaire de la queue pendant le développement du tubercule jusqu'à des diamètres allant jusqu'à 5-6 mm chez la variété CV A 28 7 (Wilson et Lowe 1973 c). Cet épaississement secondaire résulte de la formation d'un phloème secondaire très développé et de la genèse de faisceaux dans le parenchyme du phloème secondaire et de tissus corticaux (Wilson et Lowe 1973 c). Ce développeemnt du phloème spécialise la queue du tubercule en organe de migration des assimilats de la tige au tubercule. Wilson et Lowe (1973 c) ont établi qu'à la maturité du tubercule, les tissus du phloème occupent jusqu'à un tiers de la surface de la section de la queue du tubercule dans le cas d'un cultivar de patate douce très productif, A 28 7.

Détermination de la forme de tubercule

Les différents taux de croissance longitudinale et latérale provoquent des modifications caractéristiques de la forme du tubercule pendant sa formation. Ainsi, Wilson et Lowe (1974 b) ont établi que 92-100 % de la longueur finale du tubercule étaient atteints à 16 semaines après la plantation chez six cultivars de patate douce, mais que seulement 49-77 % de la largeur finale du tubercule s'étaient formés dans le même temps (Lowe 1971). De la même façon, les taux de croissance du tubercule en longueur étaient de 2,6-8,3 mm/semaine entre les semaines 8 et 16 et de 0-0,1 mm/semaine entre les semaines 10 et 24, alors que les chiffres correspondant de l'augmentation en épaisseur du tubercule étaient de 1,1-2,3 et de 1,1-3,3 mm/semaine, respectivement. Les longueurs et largeurs finales des tubercules variaient de 7,4 à 15,6 cm et de 3,0 à 5,3 cm respectivement et les rapports longueur/largeur variaient de 1,5 à 4,4 chez les six cultivars étudiés. Puisque la longueur de la queue du tubercule était déterminée tôt dans l'ontogénie du tubercule (dès la semaine 8), l'augmentation de la longueur du tubercule pendant la période 8 à 16 semaines a dû se localiser dans sa zone proximale, tout en restant associée à l'expansion latérale de la portion de racine initiée. La longueur du tubercule à cette extrémité était déterminée par le développement d'une racine ficelle tynique, secondairement épaissie par une lignification secondaire

de la stèle (Wilson et Lowe 1973 a). La variation de l'épaississement du tubercule selon les cultivars était causée soit par une contribution majeure du cambium vasculaire, comme chez cv Al 6 15 dont les tubercules sont uniformément étroits, soit par la contribution conjuguée du cambium vasculaire et des méristèmes secondaires et tertiaires formés successivement, comme par exemple chez cv 049 dont les tubercules sont globuleux (Wilson et Lowe 1973 a). Chez ce dernier cultivar, l'accroissement du tubercule en épaisseur pendant la période 16 à 24 semaines était de 1,7 fois supérieur à celui observé pendant la période 8-16 semaines (Lowe et Wilson 1974 b). De plus, preuves anatomiques à l'appui (Wilson et Lowe 1973 a), il était évident que la forme du tubercule était dans une large mesure déterminée par la forme de la stèle. Au fur et à mesure de la croissance du tubercule, une assise phellogène circulaire produit des cellules tubérisées externes pour s'adapter à l'épaisseur croissante du tubercule.

Formation des bourgeons et des racines latérales du tubercule

Wilson et Lowe (1973 a) ont établi que dans l'ontogenèse précoce de la racine tubéreuse, des bourgeons adventifs étaient produits sur la queue du tubercule, les racines ficelle et crayon, et aussi sur le tubercule, soit seuls ou par groupes allant jusqu'à quatre. Ces bourgeons se formaient dans le cortex primaire en face des rayons du xylème et différaient des primordia des racines latérales du tubercule par leur origine exogène. Wilson (1973 b) a montré que les bourgeons adventifs formés sur les racines épaissies de boutures de feuilles enracinées pouvaient être stimulées par de hauts niveaux d'azote nitrique pour donner des pousses.

C'est ainsi que la formation du tubercule implique une série de modifications qualitative de la croissance, dont la plus importante est une activité relativement plus grande de division et d'expansion cellulaire que de lignification des cellules. Cette activité relative conduit soit à l'initiation de la tubérisation, soit à la production d'autres types de racines comme les racines crayon, délimite la queue du tubercule, définit la longueur du tubercule, et plus tard contrôle sa croissance latérale pour donner naissance à des tubercules de différentes formes. Il faut ajouter que le développement normal du tubercule comprend aussi la formation d'un système de translocation particulier dans la queue du tubercule et la formation des racines latérales du tubercule. Un sol léger, sec et compact (Akita *et al.* 1960), ainsi que des conditions de sol détrempé (Togari 1950), de hauts niveaux d'application d'azote (Wilson 1973 b), la gibbérelline et les jours longs (McDavid et Alamu 1980 a, b) sont connus pour favoriser la lignification et entraver la formation de tubercules. Par contre, l'obscurité (Akita *et al.* 1960, Fujise et Tsuno 1967), de hautes doses de potassium (Tsuno et Fujise 1967), des sols bien aérés, une température basse (Togari 1950 et Kim 1961) des jours courts et la cinétine (Spence et Humphries 1972, Mc David et Alamu 1980 a, b) ont été signalés comme favorisant le développement du tubercule. Mis à part le travail de Spence et de Humphries (1972) et de McDavide et Alamu (1980 a, b) il n'existe que peu de recherches sur le rôle des substances de croissance et des inhibiteurs de croissance dans la tubérisation de la patate douce. Cependant, Sirju (1977) a montré qu'en plus de l'AIA, l'acide gibbérellique (AG) et la benzyl amino purine (BAP) à la fois stimulaient et inhibaient, que l'acide abscissique (AAB) inhibait, et qu'il y avait formation d'oxydase de l'AIA lors du vieillissement des disques de tubercule de patate douce.

Le processus de formation du tubercule aboutit ainsi à la réalisation de tubercules possédant des caractéristiques spécifiques [illegible] qui concerne le nombre, la localisation sub-proximale sur la racine porteuse, la longueur et la fonction de la queue du tubercule, la forme et la relative contribution à la croissance du tubercule du méristème vasculaire et des méristèmes secondaires et tertiaires anormaux. Ces caractéristiques varient considérablement entre les cultivars de patate douce et paraissent être contrôlés génétiquement. Il sera montré que la capacité qu'ont les plants de patate douce d'exprimer ces caractéristiques dépend plus du système racinaire que du feuil-

lage et aussi, que ces caracteristiques qualitatives du développement du tubercule agissent sur sa capacité de croissance quantitative.

CROISSANCE DU TUBERCULE

Par contraste avec la formation du tubercule, la croissance du tubercule se définit comme étant les modifications quantitatives de la taille et du poids du tubercule qui interviennent au cours de la transformation de racines tubéreuses de patate douce en tubercules à maturité, en d'autres termes : le rendement du tubercule. L'accroissement de la taille du tubercule est le résultat conjugué de l'augmentation du nombre de cellules, de leur taille et du poids du tubercule par accumulation des produits d'assimilation dans ses cellules (Wilson 1967, 1969, 1974, 1977). L'augmentation du nombre de cellules du tubercule et de leur taille st sous contrôle hormonal alors que l'accroissement pondéral du tubercule dépend de la photosynthèse foliaire. Qui plus est, le transport des produits de l'assimilation vers le tubercule via le pétiole, la tige et la queue du tubercule est un processus actif qui a été reconnu pour être influencé par la croissance du tubercule, chez la patate douce (Fujise et Tsuno 1967). En consequence, la croissance du tubercule est dominée par une composante morphogénetique ou cellulaire par opposition à une composante photosynthétique ou pondérale. Puisque les cellules du tubercule doivent d'abord se former puis se développer avant de pouvoir stocker les produits de l'assimilation et puisque la division cellulaire composante de la croissance du tubercule est continue durant toute l'ontogenese du tubercule (Wilson et Lowe 1973 a) il apparait que la composante morphogenétique de la croissance du tubercule doit se réaliser en premier lieu pour pouvoir accueillir la composante phosynthétique (Wilson 1969). Cependant, s'il est admis que la croissance cellulaire est un préalable nécessaire à l'augmentation du tubercule en poids sec, les composantes de la croissance pourraient être estimees en comparant la matiere sèche répartie entre le tubercule et d'autres organes de la plante en croissance comme la tige et les feuilles.

Le rendement en tubercules dépend du taux et du temps de croissance de ceux-ci et, de ce fait, la croissance du tubercule intègre aussi les composantes taux et temps. En outre, la résultante finale des composants physiques du rendement en tubercules est le nombre et la taille moyenne des tubercules à la recolte, et donc, leur accroissement durant la croissance du tubercule est une expression physique de celle-ci. Quelques considérations au sujet des différentes composantes de la croissance du tubercule sont présentées dans les rubriques suivantes :

a) Corrélations entre les caractéristiques du feuillage et le rendement en tubercules,

b) Modes de croissance du tubercule,

c) Poids moyen, forme et croissance du tubercule,

d) Mecanismes possibles de la croissance du tubercule.

Corrélations entre les caractéristiques du feuillage et le rendement en tubercules

Un caractère remarquable de l'espece patate douce est la gamme étendue des caractéristiques morphologiques de feuillage et de tubercule suivant les varietes et les cultivars. Néanmoins, plusieurs tentatives faites pour dégager une nette relation entre le rendement et les caractéristiques morphologiques ou physioloqiques du feuillage de la plante sont restées infructueuses, comme la tentative de Jones (1966) en temoigne.

Cowling (1964) et Chapman et Cowling (1965) ont montré que le tuteurage entrainait de fortes augmentations de rendement pour le cultivar A 138, peu productif et à indice de surface foliaire

élevé (ISF maximum = 7) et ont suggéré que l'exposition verticale des feuilles et, par conséquent, la photosynthèse pouvait avoir une influence directe sur le rendement de la patate douce. Toutefois, Wilson (1969, 1975) a fait remarquer que ces augmentations de rendement étaient dues bien plus à l'augmentation des indices de récolte (IR) qu'à l'accroissement des matières sèches totales (MST). Ainsi, avec une application d'azote, les pourcentages d'augmentation de rendement, d'IR et de MST étaient de 480, 222 et 64 et, sans azote, de 158, 82 et 41, respectivement. Il faudrait faire aussi remarquer que le faible éclairement de feuilles ombragées des plants non tuteurés pourrait également avoir conduit à une réduction de la croissance cellulaire des tubercules (Togari 1950) et avoir ainsi un effet morphogénétique.

Dans des expériences de greffes réciproques (photomodèles) avec trois cultivars de patate douce qui différaient par leur productivité (puits des produits d'assimilation) et par leurs caractéristiques de feuillage (source des produits d'assimilation), Wilson (1967) a montré que les porte-greffes de cv 049 donnaient, après huit semaines de végétation, un rendement moyen de tubercules par plant plus élevé (65 g), que ceux de cv C9 (29 g) et de cv R38 (4 g), cultivar peu productif. Cependant, les scions de cv C9 et de cv R38 (deux cultivars à petite surface foliaire) donnaient, greffés sur le 049, des rendements plus élevés que le cv 049 lui-même. La supériorité de C9 comme scion était aussi illustrée par le rendement supérieur des photymodèles C9/C9 comparé avec ceux des modèles 049/C9 et R38/C9. Cependant ce dernier effet n'était pas évident à la récolte finale. Il en fut conclu que chez les cultivars étudiés, la croissance initiale des tubercules, provoquant un puits pour les produits de l'assimilation, était fonction de leur capacité de tubérisation, caractère lié au porte-greffe. De plus, cette aptitude était transférable au scion d'autres variétés par greffe réciproque. Il a été également suggéré que les différences intervarietales du rendement en tubercules étaient liées à la croissance de ceux-ci (Wilson 1967).

Par la suite, Hozyo (1970) et Hozyo et Park (1971), confirmèrent que les caractéristiques du grossissement du tubercule, initial (et ultérieur), étaient des propriétés inhérentes au porte-greffe, dans les greffes réciproques de six variétés améliorées de patate douce japonaise. Ils rapportèrent également que dans des greffes réciproques entre cv Okinawa 100 et *I. trifida*, la photosynthèse des scions de la non-tubéreuse *I. trifida* était accrue de 50 % (approximativement) sur porte-greffes de Okinawa 100 comparé aux témoins constitués de phytomodèles d'auto-greffes d'*I. trifida*.

Plus tard, une analyse mathématique des rendements de phytomodèles de greffes réciproques de quatre variété de patate douce fut réalisée par Hahn (1977), qui établit que des variétés à forte croissance tubéreuse (TIS 1499 et TIB 10) réagissaient en sollicitant la source quand la demande du puits augmentait. De toute façon, une demande accrue de la part du puits augmentait la production de la source. D'après les résultats fournis par les coefficients de régression partielle standard, le puits a été jugé plus important que la source dans la détermination du rendement en racines tubéreuses sèches. Les chiffres obtenus par Hahn montrèrent que la productivité du scion de la variété peu productive Tib 5 (un phytomodèle d'auto-greffe Tib 5/Tib 5, 7.28 g/plant) était augmentée de quelque 259 % dans le phytomodèle Tib 5/Tib 10 et de 181 % dans le modèle Tib 5/TIS 1499, ce qui démontre clairement la capacité que possède la croissance du tubercule d'augmenter la production de matières sèches du feuillage de la patate douce.

Utilisant des phytomodèles de feuilles enracinées, Wilson (1967) a aussi démontré que les feuilles exposées à la lumière des phytomodèles cultivés dans un milieu dépourvu d'azote atteignaient le seuil d'emmagasinement de l'amidon avant ceux cultivés en présence d'azote, ce qui produisait une augmentation de 41 % du poids des limbes foliaires après trois semaines de croissance (Tableau 1). En outre, à ce stade, les phytomodèles N- restaient dans cet état d'accumulation d'amidon permanente dans les limbes foliaires, état non modifié par 72 heures d'obscurité. Ces résultats ont conduit à penser que le manque d'azote induisait l'arrêt de la croissance des

racines et provoquait une accumulation accrue d'amidon, produit de la photosynthèse, dans les feuilles. Ultérieurement, Spence et Humphries (1972), utilisant des feuilles enracinées comme phytomodèles, mirent en évidence des augmentations analogues du poids des limbes. La croissance des tubercules était réduite par l'humidité et la température des racines. A une température des racines de 25°, l'augmentation de la production de matières sèches atteignait 81 % et, à 15°, 205 % et plus par rapport à la croissance des tubercules aux températures plus hautes (Spence et Humphries 1972).

Tableau 1. Accroissements du poids des limbes foliaires de phytomodèles de feuilles de patate douce enracinées, induits par une croissance réduite des racines et des tubercules

Poids frais du limbe Z (g poids frais 100 cm²)			Poids sec du limbe Y (g poids frais 100 cm²)		
[illegible]	[illegible]	% augmentation	25° TR	15° TR	% augmentation
12.7	17.9	40.9	0.50	0.68	36.0

Z : Adapté d'après Wilson (1967).
Y : Adapté d'après Spence et Humphries (1972).
* TR : Température des racines.

Par conséquent, il est permis de conclure que l'aptitude des tubercules à croître est une facteur important pour la détermination du rendement de la patate douce, non seulement par ses effets sur la composante taille des tubercules mais aussi parce qu'elle conduit à la fois à un taux de photosynthèse et de production de matières sèches accru, par l'intermédiaire des effets de puits à la fois pour la production de matière sèche et sa distribution aux tubercules. Les chiffres montrent aussi que l'azote et le tuteurage ont des effets positifs sur la distribution de matières sèches. Néanmoins, une expérimentation plus poussée est nécessaire pour séparer les effets morphogénétiques et les effets photosynthétiques de la lumière sur la formation des tubercules.

Modes de croissance des tubercules

Lowe et Wilson (1974 a) et Wilson (1975) ont examiné les modes de croissance des tubercules de six cultivars de patate douce présentant un potentiel productif et des caractéristiques de feuillage différents, et ont défini trois phases de grossissement (Tableau 2, Figure 2).

Tableau 2. Taux de grossissement initial et linéaire de six cultivars de patate douce pendant une culture de 24 semaines (Lowe 1971 ; Wilson 1975)

	Cultivars de patate douce						
	A 28 7	049	I 62	C9 9	AI 6 15	03 62	Moyenne
Taux de grossissement initial (0-8 semaines) (g/plant/semaine)	7.6	4.5	0.4	2.6	6.1	1.9	3.9
Durée du grossissement linéaire (semaines)	16	8	16	16	8	12	13
Taux de grossissement linéaire (g/plant/semaine)	36	47	30	26	34	26	33
% du rendement total obtenu au cours du grossissement linéaire	96	84	99	95	76	96	90

Pendant la phase 1, le taux de grossissement des tubercules fut relativement rapide pour cv A 28 7, AI 6 15 et 049, plus lent pour cv 29 9 et 03 62, et très lent pour cv I 62 chez lequel l'initiation tubéreuse se poursuivit jusqu'à la semaine 16 (Tableau 2). La phase linéaire s'étendit respectivement sur 16 semaines (8-24) pour cv A 28 7, I 62 et C9 9, sur 12 semaines (12-14) pour cv 03 62 et sur huit semaines (12-20 et 8-16) pour cv 049 et AI 6 15, quelque 90-99 % du rendement final en

tubercules s'étaient matérialisés chez les cultivars grossissant en 12-16 semaines et 76-84 % chez les cultivars grossissant en 8 semaines. Cette phase était manifestement la plus importante pour la détermination du rendement final. Cependant, les groupes de grossissement de 8 à 16 semaines comptaient des cultivars peu productifs et d'autres très productifs, chacun présentant un taux de grossissement propre. Ainsi, à l'intérieur du group grossissant en 16 semaines, cv A 28 7 avait un taux de grossissement de 36 g poids frais plant semaine et était plus productive que cv I 62 et C9 9 dont le taux était de 30 et 26 g poids frais plant semaine (Tableau 2). De façon analogue, dans le groupe grossissant en huit semaines cv 049 avait un taux plus élevé et produisait plus que cv AI 6 15.

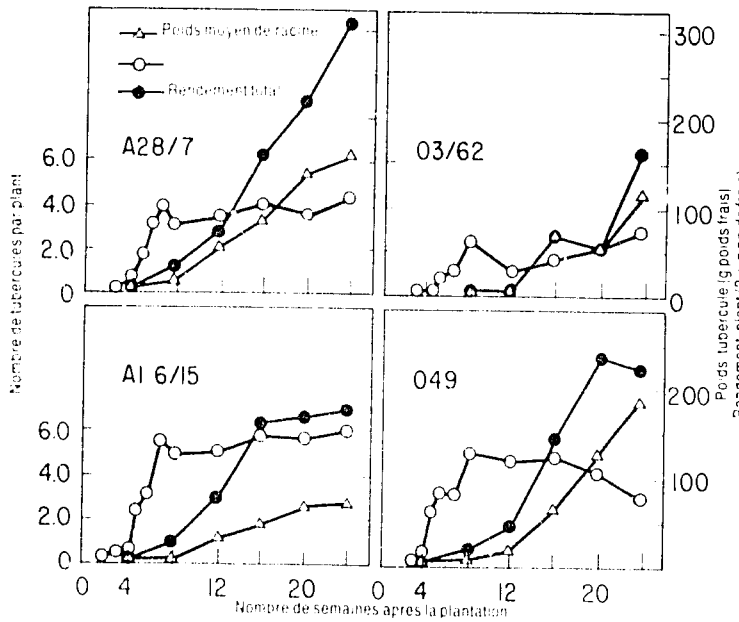


Figure 2. Courbes de croissance typiques des cultivars de patate douce (Lowe et Wilson 1974 a).
1. La période allant jusqu'à la semaine 8, pendant laquelle l'initiation de la tubérisation s'achève et le grossissement du tubercule est lent (0-4-6, 1 g plant semaine).
2. La phase linéaire de grossissement rapide (16-34 g plant semaine).
3. La phase finale de grossissement du tubercule

Les courbes de grossissement basées sur les poids secs présentaient une allure similaire à celles basées sur les poids frais (Lowe et Wilson 1974 a). De plus, on a observé que chez les cultivars à croissance initiale rapide des pousses (jusqu'à 8 semaines) (cv I 62 049, 03 62), le grossissement des tubercules était retardé, par rapport aux autres cultivars (cv 29 9, A 28 7, AI 6 15) à croissance initiale lente des pousses. Ces constatations suggèrent que l'ensemble des pousses fonctionnait comme un autre puits pour les produits de l'assimilation pendant les premiers stades de la croissance. Le pic de poids secs maximum des pousses se situait à la semaine 12 pour cinq des six cultivars étudiés et à la semaine 16 pour cv C9 9 et ensuite, une chute rapide des taux de poids secs des pousses se produisait chez cv C9 9, I 62, 049 et A 28 7 par rapport aux autres cultivars (AI 6 15, 03 62). La plus forte croissance des pousses dans la période 8 à 12 semaines a été observée chez cv I 62 et 049 mais c'est seulement chez ce dernier que le taux de grossissement des tubercules était plus lent, et ce, uniquement lors des grossissements tardifs, quand les effets compétitifs des puits d'assimilats des pousses cessaient suite à l'arrêt de crois-

sance des pousses. Pour cv C9/9, A 28/7 et I 62, le grossissement des tubercules continuait à des taux constants jusqu'à la récolte, et pour cv 049 et Al 6/15 il diminuait après les semaines 20 et 16, respectivement, pour ce dernier cultivar, Al 6/15, le taux de diminution du poids sec des pousses après la semaine 12 était plus lent que pour les autres, suggérant que la croissance lente des tubercules de ce cultivar à ce moment n'était pas due à un manque de produits d'assimilation.

Il est permis de conclure à partir de ces constatations que le rendement en tubercules est déterminé par la durée et le taux de grossissement des tubercules durant l'ontogenèse des tubercules. Ainsi, le cultivar très productif A 28/7 jouit d'un taux élevé de grossissement sur une longue période. Les cultivars 049, I 62 et C 9/9, de productivité intermédiaire, présentent un taux de grossissement élevé pendant une courte période (049) ou des taux de grossissement plus bas pendant de longues période (C 9/9, I 62). Parmi les cultivars peu productifs, Al 6/15 possède un taux de grossissement relativement élevé pendant une très courte durée et 03/62 un taux plus lent pendant une longue durée. La durée de grossissement des tubercules est courte chez les cultivars à tubérisation tardive 049 et 03/62 pour lesquels le grossissement est apparamment retardé par une croissance des pousses rapide et précoce. Néanmoins, chez le premier (049), un grossissement rapide et tardif donne un rendement élevé, mais le peu productif cv 03/62 ne possède pas un taux aussi élevé de grossissement mais un taux irrégulier. Par conséquent, un puits d'assimilats des pousses hautement compétitif et précoce dans l'ontogénie ne provoque un faible rendement que si l'approvisionnement des tubercules en produits de l'assimilation est pauvre vers la fin de la croissance.

Poids moyen, forme et croissance du tubercule

Wilson (1975) a suggéré que le poids des tubercules par plant, qui est le produit du nombre moyen de tubercules par le poids moyen du tubercule, est une mesure de la capacité totale du puits du tubercule, c'est-à-dire, la somme totale des cellules méristématiques et des cellules en développement aptes à emmagasiner les produits de l'assimilation. Par conséquent, puisque l'initiation du tubercule a lieu précocement (à la semaine 8) au cours de la tubérisation et que les courbes d'accroissement de la production de tubercules et du poids moyen du tubercule sont similaires à partir de ce moment (Lowe et Wilson 1974 a), les poids moyens des tubercules, particulièrement au cours de la phase linéaire du grossissement, s'avèrent une mesure de la capacité de la plante de poursuivre sa croissance tubéreuse, c'est-à-dire la capacité de son puits. Les chiffres de la Figure 2 montrent que le poids moyen des tubercules continue de croître jusqu'à la récolte chez le cultivar à grossissement tardif 049, moment où il se produit une réduction du nombre de tubercules. Cependant, pour cv C9/9, I 62, A 28/7 et particulièrement pour Al 6/15 il se produit des réductions dans le taux d'augmentation du poids moyen des tubercules entre les semaines 20 et 24.

Dans la comparaison de l'évolution de la forme du tubercule (rapports longueur/largeur) et de son poids moyen au cours du développement chez deux cultivars de patate douce, cv 049 à tubercules globuleux et cv Al 6/15 à tubercules étroits fusiformes, Lowe et Wilson (1974 b) ont montré qu'il existait une similitude étroite entre les courbes d'accroissement de la largeur et du poids moyen des tubercules chez les deux cultivars, et également que les rapports longueur/largeur étaient inversement proportionnels aux rendements. Il a également été observé (Wilson et Lowe 1973 a) qu'une capacité réduite de croissance latérale du tubercule chez la peu productive cv Al 6/15 était associée à des nombres réduits de méristèmes secondaires et tertiaires, résultant d'une croissance de tubercule plus lente, principalement due au cambium vasculaire. Cette découverte a été interprétée comme illustrant la nécessité d'une capacité méristématique accrue et de hauts taux d'accroissement du nombre de cellules conduisant à une capacité du puits accrue, d'abord pour la croissance des tubercules, et ensuite pour la distribution des produits de

l'assimilation aux tubercules. Le mode de croissance du tubercule de la patate douce se caractérisant par une croissance en longueur antérieure à la croissance en largeur, une telle capacité méristématique devrait être plus grande pour des tubercules globuleux que pour des tubercules minces et fusiformes. Il a été expliqué plus haut qu'une telle capacité des racines à croître conduisait à une photosynthèse accrue, à une intensification du transport des produits de l'assimilation et à une production de matières sèches plus grande, comme l'ont démontré les essais de tuteurage et l'expérimentation sur phytomodèles.

Les mécanismes possibles de la croissance du tubercule

Togari (1950) a proposé un mécanisme classique pour expliquer la formation et la croissance du tubercule, par lequel l'initiation et la croissance de la racine tubéreuse étaient déclenchées par une prolifération du méristème cambial, pour fabriquer du parenchyme destiné à emmagasiner de l'amidon à la place d'une lignification des cellules de stèle (Figure 3), comme on l'a déjà expliqué dans la partie sur la croissance du tubercule. Akita *et al.* (1962) ont montré qu'une exposition partielle à la lumière des tubercules mères cultivées en série induisait la lignification, des taux bas d'acide indole acétique (AIA), une forte activité de l'oxydase de cet acide et un potentiel électrique élevé, conduisant à une « tumescence » liée à une translocation intensifiée des assimilats dans la partie exposée des tubercules mères.

Dans la partie enterrée, à l'obscurité, il y avait division et développement cellulaires accrus, accumulation d'amidon et développement du tubercule, associés à des taux élevés d'AIA, ainsi qu'à un potentiel électrique bas et de faibles activités de l'oxydase de l'AIA (Figure 4).

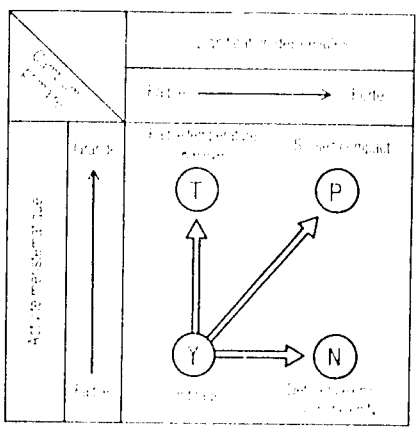


Figure 3 Contrôle des capacités cellulaires lors du développement du tubercule, Togari (1950) :
J Racine jeune
C Racine crayon
T Racine tubéreuse
N Racine non tubéreuse

Fujise et Tsuno (1967) ont souligné l'importance des rapports K_2O N critiques pour l'augmentation du contenu en eau, du taux de respiration et de la croissance du tubercule conduisant à une translocation accélérée des photosynthétats à partir des feuilles et à de plus hauts taux de photosynthèse. Ces auteurs ont avancé l'idée qu'un approvisionnement riche en potassium et les rapports K_2O N des tubercules pourraient aussi être associés à une synthèse protidique plus active conduisant à une croissance accrue des tubercules. Bien que cette interprétation paraisse être contraire aux exigences en azote de la synthèse protidique, elle s'accorde avec les augmentations de croissance des tubercules et de répartition de matière sèche aux tubercules induites par l'état N- dans les expériences de tuteurage et de greffes réciproques. Cependant, l'effet spectaculaire de la concentration de potassium dans l'intensification de la synthèse de l'amidon chez la patate douce (Murata et Akozawa 1968) suggère que l'approvisionnement en potassium pourrait jouer un

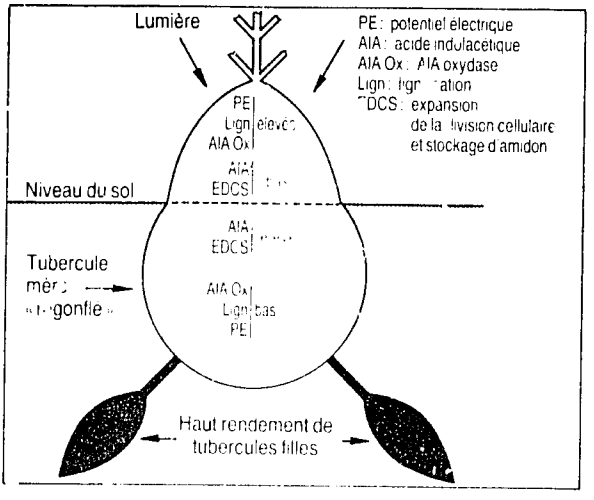


Figure 4. Rôles supposés de l'AIA et de son oxydase dans la croissance du tubercule (Alita *et al* 1962).

rôle critique dans la synthèse de l'amidon dans les tubercules. En se basant sur la démonstration des effets stimulateurs inhibiteurs de la scopoletine et de l'AIA sur l'activité de l'oxydase de l'AIA (Imbert et Wilson 1970, 1972) et sur sa genèse (Sirju et Wilson 1974), l'AIA et la scopoletine pourraient jouer un rôle régulateur dans un mécanisme de croissance du tubercule séparant les composantes de division et de développement cellulaires et de stockage cellulaire d'amidon qui sont influencées par certains facteurs (Figure 5).

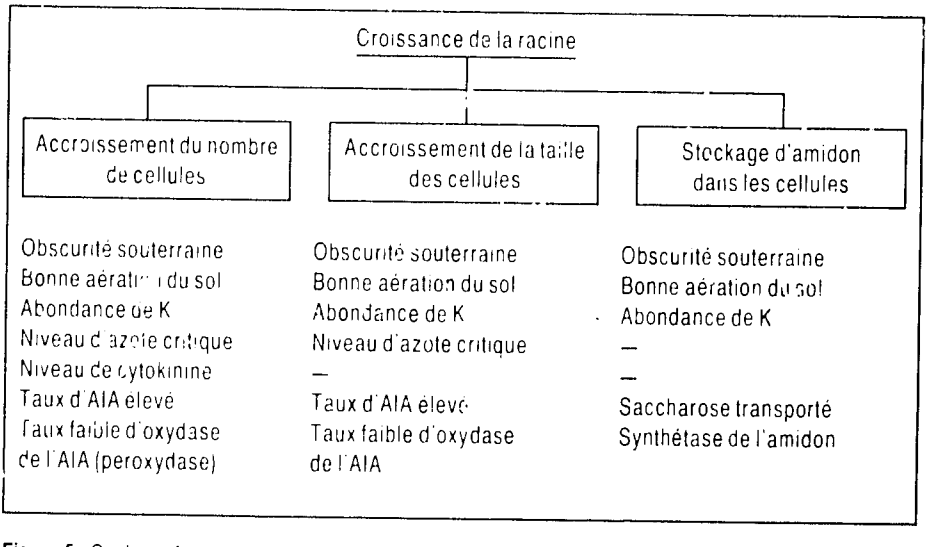


Figure 5. Quelques facteurs affectant trois composantes majeures de la croissance du tubercule

PRODUCTIVITE EN TUBERCULES

Dans des études sur le rendement final en tubercules, réalisées avec six cultivars de patate douce cultivés pendant deux saisons, Lowe et Wilson (1975 a) ont établi que le rendement moyen, nombre moyen de tubercules et le poids de tubercules par plant étaient de 23,4 t/ha, 4,7 tubercules

et 129g respectivement, et que les rendements les plus hauts et les plus bas étaient 31,6 et 16,3t ha.

Cependant, dans des expérimentations ultérieures (Ochuba et Wilson 1981) sur 45 lignées de semences non sélectionnées à pollinisation libre et provenant de sept parents femelles de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) et de l'Université des Antilles (UWI), le rendement de la lignée la plus productive (TIS 2328 6) était de 68,1 t ha, avec un nombre moyen de tubercules de 8,5 et un poids moyen du tubercule de 168g. Par conséquent, il est permis de conclure que le potentiel productif des cultivars étudiés par Lowe et wilson (1975a, b) plafonnait à cause de l'incapacité de combiner, dans le même cultivar, un nombre et un poids moyen de tubercule élevés, combinaison réussie plus tard chez le TIS 2328 6. Deux autres sélections TIS 2525 6 et C 26 7 dépassaient le cultivar commercial cv 049 de 60 % et de 37 % respectivement (Ochuba et Wilson 1981).

En utilisant une production potentielle nette moyenne en matières sèches de 550 · 10^3 cal ha - jour et un indice de récolte de 80 %. De Vries *et al.* (1967) ont calculé que la productivité potentielle en tubercules de patates douces était de 44 · 10^3 cal ha jour. Ce niveau de productivité équivaut à des rendements en tubercules de l'ordre de 150 t ha an, de 69 t ha pour une culture de 24 semaines ou de 46 t ha pour une culture de 16 semaines. Des rendements supérieurs à 46 t ha pour des cultures de 16 semaines, obtenus avec trois cultivars de l'UWI TIS 2328 6, TIS 2525 6 et C 26 7, ont donné à penser le potentiel photosynthétique de l'espèce entrevu pouvait être atteint. Cependant, compte tenu de la capacité démontrée des tubercules en croissance d'augmenter leur production de matières sèches dans des greffes réciproques jusqu'à 259 % (Hahn 1977), une optimisation plus poussée des relations entre les composantes du rendement en vue d'une capacité de production de tubercules encore plus élevée doit être recherchée avant d'essayer d'améliorer le potentiel photosynthétique de l'espèce.

BIBLIOGRAPHIE

AKITA, S., F. YAMAMOTO, M. ONO, M. KUSHARA and S. IKEMOTO. 1962. Studies on the small tuber set method in sweet potato cultivation. Bull. Chugoku Agric. Expt. Sta. 8:75-128.

ARTSCHWAGER, E. 1924. The anatomy of the sweet potato with notes on internal breakdown. J. Agric. Res. 27:157-166.

CHAPMAN, T. and D. J. COWLING. 1965. A preliminary investigation into the effect of leaf distribution on the yield of sweet potatoes *(Ipomoea batatas)*. Trop. Agric. Trin. 42:199-203.

COWLING, D. J. 1964. The importance of leaf distribution on the yield of sweet potatoes *(Ipomoea batatas)*. DTA Thesis Univ. West Indies Library.

DEVRIES, C. A., J. D. FERWEDA and M. FLACH. 1967. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics. Neth. J. Agric. Sci. 15:241-248.

FUJISE, K. and Y. TSUNO. 1967. Effect of potassium on the dry matter production of sweet potato. Proc. Inter. Symp. Trop. Root Crops 1:20-29.

HAHN, S. K. 1977. A quantitative approach to source potentials and sink capacities among reciprocal grafts of sweet potato varieties. Crop Science 17(4):559-562.

HOZYO, Y. 1970. Growth and development of tuberous roots in sweet potato. Proc. Inter. Symp. Trop. Root Crops 2:1, 22-23.

HOZYO, Y. and C. Y. PARK. 1971. Plant production in grafted plants between wild type and improved variety in *Ipomoea batatas*. (in Japanese with English summary). Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. (Tokyo) Ser. D. 22:165-191.

IMBERT, M. P. and L. A. WILSON. 1970. Simulatory and inhibitory effects of scopoletion in IAA oxidase preparations from sweet potato. Phytochemistry 9:1787-1794.

IMBERT, M. P. and L. A. WILSON. 1972. Effects of chlorogenic and caffeic acids on IAA oxidase preparations from sweet potato roots. Phytochemistry 11:2671-2676.

JONES, A. 1966. Morphological variability in early generations of a randomly intermating population of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L) Lam). Univ. Georgia Coll. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. NS. 56.

KIM, Y. C. 1961. Effects of thermoperiodism on tuber formation in *Ipomoea batatas* under controlled conditions. Plant Physiol. 36:680-684.

LOWE, S. B. 1971. Tuberisation in the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam). MSc Thesis Univ. West Indies Library.

LOWE, S. B. and L. A. WILSON. 1974a. Comparative analysis of tuber development in six sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) cultivars. 1. Tuber initiation, tuber growth and partition of assimilate. Ann. Bot. (Lond.) N.S. 138:307-317.

LOWE, S. B. and L. A. WILSON. 1974b. Comparative analysis of tuber development in six sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) cultivars. 11. Interrelationships between tuber shape and yield. Ann. Bot. 38:319-326.

LOWE, S. B. and L. A. WILSON. 1975a. Yield and yield components of six sweet potato cultivars. 1. Contributions of yield components to tuber yield. Expl. Agric. 11:39-48.

LOWE, S. B. and L. A. WILSON. 1975b. Yield and yield components of six sweet potato cultivars. 11. Variability and possible sources of variation. Expl. Agric. 11:49-58.

McCORMICK, K. 1916. Notes on the anatomy of the young tuber of *Ipomoea batatas* (L) Lam). Bot. Gaz. 61:388-398.

McDAVID, C. R. and S. ALAMU. 1980a. The effect of growth regulators on tuber initiation and growth in rooted leaves of two sweet potato cultivars. Ann. Bot. 45:363-364.

McDAVID, C. R. and S. ALAMU. 1980b. The effects of day length on the growth and development of whole plants and rooted leaves of sweet potato. Trop. Agric. Trin. 57(2):113-119.

OCHUBA, N. O. and L. A. WILSON. 1981. Private communication.

SIRJU-CHARRAN, G. 1978. Enzyme genesis in sweet potato tuber tissue. Ph.D. Thesis Univ. West Indies Library.

SIRJU, G. and L. A. WILSON. 1974. IAA oxidase preparations from fresh and aged *Ipomoea batatas* tuber discs. Phytochemistry 13:111-117.

SPENCE, J. A. and P. H. HAYNES. 1966. Leaf area and net assimilation rates as determinants of crop yield. *In* Proc. 4th Ann. Meeting Caribbean Food Crops Society (Jamaica).

SPENCE, J. A. and E. C. HUMPRHIES. 1972. Effect of moisture supply and root temperature and growth regulators on photosynthesis of isolated leaves of sweet potato (*Ipomoea batatas*). Ann. Bot. (London) NS 36:115-121.

TOGARI, Y. 1950. A study of tuberous root formation in sweet potato. Bull. Natl. Agric. Expl. Sta. (Tokyo) 68:1-96.

TOGARI, Y. 1950. A study of tuberous root formation in sweet potato. Bull. Natl. Agric. Expl. Sta. (Tokyo) 68:1-96.

TORREY, J. G. 1955. On the determination of vascular patterns during tissue differentiation in excised pea roots. Amer. J. Bot. 42:183-198.

TSUNO, Y. and K. FUJISE. 1965. Studies on dry matter production of sweet potato. Bull. Natl. Inst. Agric. Sci. Ser. D. No. 13.

WARDLAW, C. W. 1968. Morphogenesis in planta. Methuen, London.

WILSON, L. A. 1967. The use of rooted leaves and grafted plants for the study of carbohydrate metabolism in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam). Proc. Inter. Symp. Trop. Root Crops. 1:46-55.

WILSON, L. A. 1969. Alternative interpretations of a critical experiment in the physiological determinants of sweet potato yield. Biol. Trin. 3:29-38.

WILSON, L. A. 1970. The process of tuberisation in sweet potato *(Ipomoea batatas* (L) Lam). Proc. Inter. Symp. Trop. Root Crops. 2:24-26.

WILSON, L. A. 1973a. Stimulation of adventitious bud production in detached sweet potato leaves by high levels of nitrogen supply. Euphytica 22:324-326.

WILSON, L. A. 1973b. Effect of different levels of nitrate-nitrogen supply on early tuber growth of two sweet potato cultivars. Trop. Agric. Trin. 50(1):53-54.

WILSON, L. A. 1974. Improvement and development of tropical root crops in interaction of agriculture with food science. IDRC-033c. 65 pp.

WILSON, L. A. 1975. Some determinants of yield in tropical root crops with particular reference to sweet potato. South Pacific Commission Techn. Paper 174:147-166.

WILSON, L. A. 1977. Root Crops. *In* Ecophysiology of Tropical Crops. Academic Press Inc. p. 187-236.

WILSON, L. A. and E. J. DUNCAN. 1968. Private communication.

WILSON, L. A. and S. B. LOWE. 1973a. The anatomy of the root system in West Indian sweet potato (Ipomoea batatas *(L) Lam) cultivars. Ann. Bot. (London) NS 37:633-643.*

WILSON, L. A. and S. B. LOWE. 1973b. Quantitative morphogenesis of root types in the sweet potato (Ipomoea batatas (L) Lam) root system during early growth from stem cuttings. Trop. Agric. Trin. 50(4):343-345.

WILSON, L. A. and S. B. LOWE. 1973c. Development of supplementary translocatory tissues in intact and *Megastes* - infested tuber stalks of sweet potato *(Ipomoea batatas* (L) Lam). J. Hort. Sci. 43(3)223-226.

LES MODES D'ASSIMILATION DU CARBONE DES PATATES DOUCES EN FORMATION AVEC UTILISATION DE ^{11}C ET DE ^{14}C

L. K. CHVA[a], J. D. GOESCHL[b]
S. J. KAYS[a], C. E. MAGNUSON et Y. FARES[b]
aDépartement d'Horticulture, Université de Géorgie, Athens, GA 30602, USA
b Division de Recherches sur les biosystèmes, Département d'Organisation Industrielle, Université Texas A & M. College Station, Tx 77840, USA.

INTRODUCTION

Le concept biologique de « facteur limitant » découle des études cinétiques du contrôle enzymatique dans une série de réactions. Quand ce concept est appliqué aux processus généraux qui se déroulent dans une plante, il apparaît clairement que les différents processus peuvent être plus ou moins limitants en fonction de l'évolution des conditions. Par exemple, le manque d'énergie lumineuse limite la disponibilité en carbone pendant les périodes d'obscurité, alors que dans les conditions normales de luminosité diurne, d'autres facteurs sont probablement limitants. De plus, le facteur limitant d'un processus donné peut être physique, par exemple le diamètre des tubes criblés, au lieu de biochimique.

Une approche génétique de l'amélioration de la productivité bénéficie d'une efficience accrue par a) l'analyse de chaque facteur intégré dans le processus ou l'enchaînement des réactions, b) l'identification du facteur le plus limitant, et c) le criblage du matériel génétique et la réalisation subséquente des croisements en vue de l'amélioration de ce facteur. Les principaux problèmes liés à cette approche ont été l'incapacité d'isoler et de mesurer les facteurs cruciaux et de prévoir la portée de la modification du facteur sur les processus ultérieurs étroitement corrélés. De plus, une hypothèse émise dans l'approche génétique est qu'il existe un nombre relativement limité de facteurs majeurs en cause.

L'objectif de cette communication est a) de souligner brièvement ce qui est communément connu de l'assimilation du carbone chez la patate douce, b) d'observer les modes d'emmmagasinement du carbone par les racines, et c) d'esquisser une technique capable de mieux isoler et mesurer les processus propres à l'assimilation du carbone susceptibles de se montrer limitants dans les conditions normales de production.

FACTEURS INTERNES AGISSANT SUR LA FORMATION DES RACINES DE RESERVE

Taux photosynthétique net

Le taux photosynthétique net de la patate douce suit un mode cyclique sous une luminosité normale (Fujise et Tsuno 1962). Dans des conditions naturelles, le taux de photosynthèse était environ de 12 mg CO_2/dm^2/h entre 9 h et 13 h et déclinait jusqu'à 2 mg CO_2/dm^2/h à 17 h. Dans un

environnement constant, cependant, la photosynthèse est élevée et relativement stable le matin et à la mi-journée, ne déclinant que vers la fin de l'après-midi (Tsuno et Fujise 1965). Les taux nets ordinaires de photosynthèse varient de 14 à 20 mg CO_2/dm_2/h, bien que des taux de photosynthèse apparente de 35-36 mg CO_2/dm^2/h aient été rapportés (Kato *et al.* 1979). On estime que le processus de photosynthèse est saturé aux alentours de 30 K lux d'énergie lumineuse. (Fujise et Tsuno 1962). De plus, le taux de photosynthèse de feuilles individuelles varie selon leur position sur la plante (le plastochrome foliaire, PF) (Kato *et al.* 1979) et le stade de développement de la plante.

Il y a plus d'un siècle que Boussingault (1868) émettait l'hypothèse que « ... l'accumulation des produits de l'assimilation dans une feuille éclairée peut être responsable de la réduction du taux de photosynthèse net de cette feuille ». Bien qu'elle ait été appuyée par de nombreuses confirmations expérimentales, elle n'a pas été prouvée de façon irrefutable (voir compte-rendu de Neales et Incoll, 1968). Chez la patate douce, de nombreuses preuves relatives à cette hypothèse, basées en premier lieu sur l'altération de la vigueur du puits ou du potentiel de la source, plaident en sa faveur. Par exemple, si le développement des racines de réserve est inhibé par leur exposition à la lumière solaire, la photosynthèse des feuilles est réduite (Tsuno et Fujise 1965). En comparant des greffes réciproques entre des plants à potentiel de puits très différent, les plants dont les porte-greffes montraient un potentiel de puits élevé fixaient normalement plus de carbone. (Hahn 1977; Hozyo et Kato 1976; Hozyo *et al.* 1971; Hozyo et Park 1971; Kato *et al.* 1979). Ceci suggère que le potentiel du puits est couramment plus limitant que le potentiel de la source chez la patate douce.

Taux de direction de l'exportation des photosynthétats

Chargement du phloème : le saccharose, qui doit être exporté à partir de la feuille, est synthétisé dans le cytoplasme d'une cellule du chlorenchyme foliaire, et doit gravir ensuite une série d'échelons avant transport. L'échelon initial consiste à traverser le plasmalème de la cellule originelle et à transiter par l'apoplaste. Ensuite, les molécules de saccharose se diffusent dans la solution apoplastique jusqu'aux cellules du phloème. A ce stade, il est transporté à travers le plasmalème contre un gradient de concentration dans la cellule du phloème (ce qui est appelé chargement du phloème). Le chargement est un processus actif exigeant de l'énergie et dont on pense que dans beaucoup de plantes, il est effectué grâce à un cotransport saccharose-proton (Giaguinta 1979).

Direction du transport : la direction du flux de photosynthétats à partir des feuilles individuelles paraît être contrôlé à la fois par la position de la feuille sur la plante et la hiérarchie des demande en photosynthétats dans la plante à n'importe quel moment donné. Les racines fibreuses typiques et les bourgeons latéraux sont beaucoup plus bas dans la chaîne hiérarchique de contrôle de la répartition des photosynthétats que les racines de stockage et les pousses. De plus, ni la position de la feuille par rapport à l'apex de la tige, ni la demande en photosynthétats ne sont statiques. Par conséquent, la direction du flux de carbone peut changer radicalement par réaction au changement de conditions.

Le transport des feuilles de patate douce dont la position sur la plante va de LPI 4 à 19 est bidirectionnel (Kato *et al.* 1979). Les feuilles plus basses (LPI 19) transportent un pourcentage plus élevé de leur carbone fixé en direction du bas de la plante. En modifiant la demande du puits des racines de réserve par greffage du même scion sur différents porte-greffes, on obtient une modification très nette du sens du flux de carbone. Le sens du transfert du carbone à partir des feuilles de LPI 4 et LPI 19 n'était pas influencé par le type de porte-greffe, c'est-à-dire, par le potentiel du puits des racines de stockage. Cependant, pour les feuilles de LPI 7, une proportion plus importante du carbone transporté était dirigée vers le porte-greffe.

La migration des photosynthétats vers les organes en formation peut être limitée en partie par l'orthostichie et les connections vasculaires. Le mouvement latéral du carbone peut être tout à fait

limité, ce qui est le cas pour un certain nombre d'espèces (Wardlaw 1968). Par conséquent, la privation d'approvisionnement en photosynthétats par défoliation ou ombrage sur un côté de la plante peut avoir des répercussions énormes sur les organes en formation ou sur des portions d'organes situés de ce côté. Pour *Brassica oleracea* var *gemmifera* DC, les connections vasculaires sont resoonsables de ce que les plants à phyllotaxie 5/13 montrent un flux de carbone ^{14} à faible mouvement latéral (Kays, données non publiées). La relation entre les connections vasculaires, la phyllotaxie et la répartition des photosynthétats n'a pas été étudiée avec précision chez la patate douce. Les problèmes impliqués dans la hiérarchie des racines de réserve peuvent être étroitement liés à l'extension des connections vasculaires et au mouvement latéral du carbone à partir du système vasculaire. De plus, certaines relations structurelles du phloème, système de transport, telles que le diamètre des tubes criblés et leur nombre, qui sont liées au volume et à la vitesse du transport, n'ont pas été étudiées.

Volume et vitesse du transport : l'importance des vitesses de transport par le phloème en relation avec les taux de photosynthèse foliaire a été soulignée dans maintes études (Fujise et Tsuno 1967 ; Tsuno 1970). En se basant sur les taux de production de matière sèche, Austin et Aung (1973) ont également suggéré que la vitesse de mouvement des produits de l'assimilation paraît plus important pour la croissance des racines de réserve que pour les augmentations de surface foliaire. Kato et Hozyo (1976) ont décrit les vitesses et les coefficients de transport des photosynthétats de ^{14}C dans les directions acropètes et basipètes en utilisant des greffes réciproques afin de modifier à la fois les potentiels du puits et de la source. Les vitesse de transport du carbone vers l'apex n'étaient pas aussi fortement affectées que celles dirigées vers le système racinaire lorsque le potentiel du puits des racines de réserve était modifié. En utilisant le cultivar amélioré Okinawa N° 100 (0-100), qui possède un fort potentiel de puits des racines de réserve, et le type sauvage *Ipomoea trifida* HBK (T-15) dont le potentiel de puits des racines de réserve est limité, les greffes 0-100/0-100 (scion/porte-greffe) montrent une vitesse de transport apicale moyenne de 0,80 cm/min, contre 0,70, 0,77 et 0,52 cm/min pour les greffes 0-100/T-15, T-15/0-100 et T-15/T-15, respectivement. Le transport basipète, par contre, était fortement affecté par la vigueur du puits des racines de réserve. Les greffes 0-100/0-100 avait une vitesse moyenne de 2,13 cm/min tandis que les greffes 0-100/T-15 avait une vitesse de 0,62 cm/min. Kato et Hozyo en ont conclu que l'activité du puits affectait la vitesse et le coefficient de translocation. Il faut remarquer cependant qu'en raison des taux de transport basipète très semblables des greffes 0-100/T-15 (0,62 cm/min) et T-15/0-100 (0,52 cm/min), des facteurs autres que le puits des racines de réserve ont un effet prononcé sur la vitesse de transport.

Potentiel du puits des racines de réserve

Les tentatives faites pour déterminer la contribution propre à chacun des facteurs en cause dans le rendement final de la patate douce sont centrés sur les relations source-puits (Hahn 1977 ; Hozyo 1970 ; Spence et Humphries 1972 ; Wilson 1967). La documentation concernant les relations entre la photosynthèse et les puits d'hydrates de carbone est abondante pour une grande variété de plantes (Humphries 1967 ; Neales et Incoll 1968).

Spence et Humphries (1972), en agissant sur les conditions de l'environnement de feuilles individuelles enracinées de patate douce ont constaté des augmentations du taux d'assimilation net liées à la croissance des racines de réserve. Ils l'expliquent par le fait que le taux de photosynthèse dépend de la capacité qu'ont les puits d'accepter les photosynthétats.

En utilisant des greffes réciproques, on a pu déduire (Hozyo 1970 ; Wilson 1967) que le rendement essentiellement déterminé par le porte-greffe plutôt que par l'appareil foliaire du plant de patate douce. Néanmoins, le potentiel photosynthétique de source tout comme la capacité du puits des racines de stockage peuvent être tous deux des facteurs limitants (Hahn 1977). Ainsi, il est

probable que plusieurs processus allant de la production hydrocarbonée dans les feuilles à la polymérisation finale des hydrates de carbone dans les racines de stockage de la patate douce, peuvent devenir un facteur limitant dans des conditions appropriées.

Dépôt du carbone à l'emplacement des puits : si l'on admet, en raison de la très forte présomption de fait pour la patate douce (Hahn 1977 ; Hozyo 1970 ; Wilson 1967) et pour d'autres plantes (Neales et Incoll 1968), que le potentiel du puits a une importance majeure pour le taux net de fixation du carbone par la plante, les processus de dépôt du carbone aux points actifs du puits présentent des lors un intérêt primordial. Ces processus peuvent être regroupés en trois catégories très générales : (a) déchargement du phloème (b) transport du carbone aux endroits de polymérisation, et (c) synthèse de l'amidon. Chacun de ces processus généraux se compose de processus secondaires et tertiaires ou d'échelons.

D'une façon générale et contrairement à ce qui se passe pour le chargement du phloème et le transport, on connaît peu de chose sur les échelons spécifiques du cheminement des photosynthétats pour atteindre un puits aussi important que les racines de réserve. On peut attendre d'une racine de réserve de patate douce qu'elle fonctionne en quelque sorte de façon similaire aux grains de blé pour lesquels le taux de la synthèse de l'amidon dans l'endosperme est étroitement lié à la concentration en saccharose des tissus. Dans ce cas, la régulation n'est pas due de façon prédominante à l'approvisionnement du grain en saccharose (Jenner et Rathjen 1972 a, 1972 b), mais plutôt à des processus qui se déroulent à l'intérieur du grain même. Les facteurs régularisant le mouvement du saccharose à l'intérieur et à travers le grain et influençant sa conversion en amidon paraissent être les échelons de contrôle principaux (Jenner 1974). De plus, la diminution du dépôt de carbone à l'approche de la période de maturité de la plante peut, plus précisément, refléter une diminution de la capacité de puits d'accepter ou de transformer la saccharose par métabolisme plutôt qu'une diminution du potentiel d'approvisionnement à partir de la source (Jenner et Rathjen 1975). Bien que cette analogie entre le grain de blé et la racine de stockage diffère en certains points, elle peut être utile à des fins comparatives.

Une autre preuve de la relation entre le puits et les systèmes acquisition-transport du carbone peut être obtenue grâce à des modèles mathématiques. Goeschl *et al.* (1976) ont décrit la réaction d'un modèle de flux de transport du phloème à différents paramètres de consommation, mécanisme de déchargement dépendant de la concentration dans un milieu de Münch à pression équilibrée. Lorsque la valeur du coefficient de déchargement augmentait, le taux de chargement étant maintenu constant, la vitesse du saccharose en direction du puits augmentait et la concentration du saccharose dans les tubes criblés diminuait.

Mode d'accumulation du carbone : on sait peu de chose concernant l'accumulation des hydrates de carbone dans la racine de stockage de la patate douce au cours de son développement. Notre connaissance actuelle de la nature de la croissance de la racine de stockage de la patate douce est essentiellement basée sur des évidences d'ordre anatomique. Le consensus général est que le développement de la racine de réserve de la patate douce provient d'une prolifération de cellules résultant à la fois de l'activité du méristème du cambium vasculaire localisé et de celle des cambium anormaux (Artschwager 1924 ; Essau 1960 ; McCormick 1916 ; Takatori et Purnell 1961 ; Tsuno 1960). Le cambium anormal est connu pour être un phénomène général chez la racine de réserve (Artschwager 1924).

Des études anatomiques comparatives de cultivars des Antilles (Wilson et Lowe 1972) indiquent que la contribution relative des cellules provenant de l'activité du cambium vasculaire au volume total de la racine de réserve mûre, par rapport à celle des cambium anormaux, est une caractéristique du cultivar. Dans certains cas, le cambium vasculaire est responsable d'environ la moitié de la racine de réserve toute entière.

Des études utilisant des techniques de coloration de l'amidon (Indira et Kurian 1973) montrent que durant le stade initial de la formation de la racine de stockage, l'amidon est localisé dans les tissus corticaux. Cependant, la contribution du cortex primaire au volume total de la racine de réserve adulte est négligeable.

L'amidon est le principal composant de la racine de réserve de la patate douce (Onwueme 1978). Chez le cultivar Red Jewel, il constitue 27 % du poids sec de la racine de stockage (Chang 1979). Au niveau histologique, l'amidon est localisé dans les cellules du parenchyme de stockage. Artschwager (1924) distingue deux types de parenchyme de stockage. Il y a le parenchyme normal à faisceaux vasculaires, riche en amidon, et dont les cellules sont produites par le cambium. C'est le type principal de parenchyme de stockage. L'autre type est le parenchyme interstitiel, un tissu de remplissage entre les groupes de faisceaux vasculaires, relativement pauvre en amidon et considéré comme étant directement dérivé de la gaine parenchymateuse originelle de la jeune racine. Compte tenu de ces faits, on peut s'attendre à ce que le mode de répartition de l'amidon suive dans une large mesure le schéma de développement de la racine de réserve.

Il y a eu quelques travaux utilisant le $^{14}CO_2$ marqué pour suivre les itinéraires de distribution des hydrates de carbone chez d'autres plantes souterraines. Chez le tubercule de pomme de terre, le ^{14}C assimilé s'accumule surtout dans le périderme avec une faible radioactivité répartie uniformément à l'intérieur de cette couche (Badenhuizen et Dutton 1956). Dans une étude avec le traceur ^{14}C de l'artichaut de Jérusalem, chez lequel le fructose polymérisé est le composé de stockage majeur du tubercule, il a été suggéré que les hydrates de carbone se déposaient principalement dans les cellules nouvellement formées par un cambium sous-épidermique et que, de ce fait, les tubercules grossissaient par leurs couches externes (Edelman 1963).

Hiérarchie des puits de la racine de réserve : le mécanisme de répartition du carbone entre les puits concurrents n'est pas bien connu. Un certain nombre de mécanismes peuvent conditionner le mouvement préférentiel du carbone vers un puits plutôt que vers un autre. Les variations dans la capacité d'un puits d'épuiser les réserves de photosynthétats du phloème (coefficient de décharge) crée un gradient de concentration qui amplifie le déplacement ultérieur du carbone vers le puits. La variation dans l'ordre chronologique de création du puits est un autre facteur (par conséquent, les grosses racines de stockage ayant plus de cellules, elles sont plus aptes à abaisser le niveau de carbone du phloème). La position d'un puits par rapport à la source de produits d'assimilation peut aussi jouer un rôle important. En utilisant des modèles de flux de masse, les puits à coefficient de décharge identique (force) mais situés à des distances différentes de la source, zone de charge, présentent des différences dans la quantité absolue et le pourcentage des photosynthétats déchargés dans chacun d'eux : les puits plus rapprochés de la source ayant l'avantage (Goeschl, données non publiées). Enfin, les connections vasculaires et le potentiel de transport latéral peuvent aussi être importants pour l'établissement d'une hiérarchie dans la répartition du carbone entre les puits des racines de réserve concurrents. Les programmes courants de sélection de patates douces alimentaires se sont efforcés de minimiser la variabilité existante pour la répartition du carbone dans les racines. Avec cette conséquence que les nouveaux cultivars recherchés tendent à voir beaucoup de racines de dimension uniforme.

FACTEURS EXTERNES AGISSANT SUR L'INSTALLATION ET LE DEVELOPPEMENT DE LA RACINE DE RESERVE

Les facteurs externes agissant sur l'installation et le développement de la racine de réserve peuvent en général être classés en deux groupes : ceux que nous ne pouvons contrôler qu'au

minimum (radiation, température et concentration en anhydride carbonique par exemple), et ceux que nous pouvons bien contrôler (type et fertilité du sol, humidité).

Plusieurs études se sont attachées à préciser l'action de la température sur la répartition des assimilats et sur le développement de la racine de réserve (Kim 1961 ; Saki 1943 ; Sekioka 1970 ; Spence et Humphries 1972). Par exemple, Kim (1961) a démontré que les plants de patate douce produisaient un plus grand nombre de racines de réserve d'un poids accru quand la température de l'air était de 20° C pendant la période d'obscurité et de 29° C pendant la période d'éclairement (16 h) que les plants soumis à une température constante de 29° C pendant tout le cycle. Les racines de réserve se formaient aussi plus précocement dans le traitement comportant une température de 20° C. Ceci fait penser à un éventuel effet thermopériodique dans l'induction des racines de réserve, bien que sous les tropiques, la patate produise abondamment, en dépit de très petites différences entre les températures du jour et de la nuit.

La température du sol *par se* agit aussi sur la formation et le développement des racines de réserve (Spence et Humphries 1972). Dans le cas de simples feuilles enracinées, la formation et le développement des racines de réserve sont à leur optimum à une température du sol de 25°C, alors que les températures du sol de 15° C et de 35° C inhibent la formation des racines de réserve (Spence et Humphries 1972). Après comparaison avec d'autres combinaisons de températures, Sekioka (1970) a déterminé que les plants de patate douce produisaient le tonnage le plus élevé en racines de stockage lorsqu'ils étaient soumis à une température du sol constante de 30° C, combinée à une température de l'air de 25° C pendant la nuit.

D'après Tsuno (nd), Togari a tenté une explication intégrée des effets de l'environnement sur les différents types de racines produites. Les basses températures (22° C-24° C contre 24°C-29°C normalement) et de fortes applications de K favorisant l'induction racinaire. D'autre part, la déficience du sol en oxygène et une forte application de N augmentent la lignification des cellules de la stèle et inhibent l'activité du cambium. C'est pourquoi les jeunes racines ont tendance à se transformer en racines fibreuses (épaisses) plutôt qu'en racines de stockage.

L'aération du sol, quand elle est limitante, peut aussi avoir un effet marqué sur l'induction des racines de réserve et/ou leur développement. Les patates douces cultivées dans des sols gorgés d'eau ou en culture hydroponique (Wilson 1970) sont absolument incapables de produire des racines de réserve. De plus, le rendement des cultures de plein champ sur de nombreux types de sols s'améliore de façon marquée par le billonnage (Edmond *et al.* 1950). Un travail préliminaire de Watanabe, Ozaki et Yashiki (1968) et une étude récente réalisée par Chua et Kays (1981) suggèrent que les faibles rendements en racines de stockage obtenus dans des conditions de terrains humides à l'excès sont dus dans une large mesure à un manque d'oxygène dans la zone racinaire. L'exposition de la zone de production des racines de réserve, séparée de l'ensemble des racines fibreuses, à 2,5 % d'oxygène abaissait le nombre de racines de réserve par plant de 6,2 à 0,8 et le poids sec des racines de réserve formées par plant de 97,5 %, en comparaison avec les témoins à 21 % d'oxygène. Le passage de la zone de production des racines de réserve de 2,5 % à 21 % d'oxygène au 81ème jour de végétation, entraînait un rapide accroissement du nombre de racines de réserve et du taux d'accumulation de carbone. Ceci signifiait que la faible teneur du sol en oxygène est probablement plus préjudiciable lorsque la saison culturale est bien avancée et que les racines de stockage, bien formés, ont atteint une certaine taille. Les premières estimations du niveau d'oxygène auquel les racines de stockage entrent en fermentation anaérobie le situent aux environs de 5 à 7 % (Chang et Kays 1981 ; Hasselbring et Hawkins 1915).

Dans les conditions de culture en champ, l'eau du sol, l'aération et la densité apparente sont étroitement liées. Une alimentation hydrique adéquate par les pluies ou par l'irrigation est essentielle pour le développement maximum des racines de réserve (Anderson 1941 ; Onwueme 1978 ; Peterson 1961). Cependant, un excès d'eau dans le sol provoque une aération insuffisante. L'utili-

sation de buttes et de billons pour la culture de la patate douce favorise le rendement (Edmond *et al.* 1950 ; Kimber 1970). Cela peut être partiellement attribué à un drainage et une aération meilleurs, mais aussi à une résistance physique moindre du sol à l'expansion latérale des racines de réserve. Etant donné que la racine de réserve déplace un volume de sol équivalent au sien en déformant le sol adjacent, une résistance accrue du sol entourant la racine peut, à partir d'un certain degré, nuire à sa croissance. Les diminutions de la croissance des racines de stockage, dues à la compacité du sol, ont fait l'objet de publications (Watanabe *et al.* 1968). La réduction de l'approvisionnement des racines de stockage en carbone n'a pas d'équivalent, si minime soit-il, en ce qui concerne la croissance des racines fibreuses et de l'appareil végétatif aérien.

Le niveau nutritionnel de la plante agit aussi sur l'accumulation du carbone. Les teneurs inférieures aux seuils critiques en N, P, K, S, Mg, Ca et Fe provoquent des symptômes de carence chez les plants de patate douce, les teneurs insuffisantes de K, Mg ou Ca empêchant la formation de racines de réserve (Spence et Ahmad 1967). L'induction des racines de réserve a lieu chez les plants qui manquent d'azote en dépit des sévères restrictions infligées à la croissance des parties aériennes (Spence et Ahmad 1967).

Il est bien connu que K est nécessaire au développement des racines de réserve (Fujise et Tsuno 1967 ; Scott 1950 ; Stino et Lashin 1953 ; Tsuno 1970, Tsuno nd). Inversement, une alimentation riche en azote favorise la croissance de l'appareil aérien qui peut alors constituer un puits concurrent pour l'accumulation des hydrates de carbone. Par conséquent, un approvisionnement riche en azote peut avoir une action néfaste sur le développement des racines de réserve si le niveau de K est bas (Samuels 1967). Tsuno et Fujise (Fujise et Tsuno 1970, Tsuno nd) soutiennent qu'un rapport K_{20} N élevé de la racine de réserve augmente sa teneur en eau, ce qui augmente le taux respiratoire. La croissance de la racine de réserve en est facilitée, dans la mesure où l'énergie produite est utilisée pour la division cellulaire et la synthèse de l'amidon.

Bien que ce soit rarement un problème sur le terrain, l'exposition des racines de stockage à la lumière inhibe leur développement (Fujise et Tsuno 1970 ; Hozyo et Kato 1976). Quand la racine de stockage est exposée à la lumière (Hozyo et Kato 1976), sa teneur en amidon diminue, en partant du cortex, puis vers l'intérieur. La lignification des cellules parenchymateuses ainsi qu'une augmentation du nombre de vaisseaux du xylème à proximité du cambium vasculaire ont été observées. La quantité de tissu parenchymateux de la stèle diminuait. Lorsque l'éclairage était supprimé, le développement des racines de stockage regagnait de la vigueur en même temps que l'accumulation d'amidon.

REDISTRIBUTION DU CARBONE DES RACINES DE RESERVE

A cause du grand intérêt agricole des tubercules de patate douce comme produit alimentaire, la vocation biologique première de la racine comme organe de reproduction est souvent oubliée. Il en est résulté une faible connaissance du mode de remobilisation des hydrates de carbone des racines de réserve pour fournir aux pousses qu'elles émettent leurs besoins nutritifs propres. On sait que les pousses se développent à partir des zones de cambium vasculaire de la racine de réserve (Schlimme 1966) ou à leur proximité (Wilson et Lowe 1973), et que la taille des pousses produites par des morceaux de racines utilisés pour la propagation de la plante varie avec la taille des morceaux de racines utilisés (Kays et Stutte 1979 ; Takatori et Purnell 1961). Les pousses de grande taille sont produites par les gros morceaux de racines, les racines entières produisant les plus grandes pousses. Ceci laisse supposer que la remobilisation des hydrates de carbone du morceau de racine est importante pour la vigueur de la pousse et sa croissance. Parmi d'autres considérations, la remobilisation des hydrates de carbone pourrait dépendre de facteurs comme

l'emplacement, la quantité et la disponibilité des hydrates de carbone stockés dans la racine de réserve. Chez l'artichaut de Jérusalem, dont l'hydrate de carbone principal (l'inuline) est une chaîne moléculaire linéaire composée d'environ 38 à 40 sous-unités de saccharose, il a été démontré que les hydrates de carbone sont remobilisés en premier lieu pour la croissance des pousses dans une zone située à quelques millimètres sous l'épiderme (Jefford et Edelman 1960). L'hydrolyse subséquente des hydrates de carbone emmagasinés progresse vers l'intérieur. On ne sait pas si l'hydrolyse des hydrates de carbone stockés dans la patate douce est localisée comme chez l'artichaut ou si elle constitue un phénomène général.

UTILISATION DES ISOTOPES ^{11}C ET ^{14}C POUR L'ETUDE DE LA PHOTOSYNTHESE, DU TRANSPORT ET DU METABOLISME CHEZ LA PATATE DOUCE

Le ^{14}C a été beaucoup utilisé dans l'étude du métabolisme du carbone chez de nombreux organismes. Ces dernières années une profusion d'informations nouvelles ont été obtenues concernant la croissance et le développement de la patate douce grâce à cet isotope (Kato et Hozyo 1972, 1974, 1976, 1978, Kato *et al.* 1979, 1972). A côté de ses nombreux avantages (comme une longue durée de vie, un faible coût et une relative sécurité), il présente un certain nombre d'inconvénients qui limitent ses utilisations potentielles, particulièrement pour des plantes vivantes et entières. Bon nombre de ces limitations peuvent cependant être circonvenues en utilisant le ^{11}C, l'isotope instable de carbone.

L'emploi du ^{11}C pour étudier le CO_2 fut d'abord proposé dans les années 1930 (Ruben *et al.* 1939; Ruben et Kamen 1940) à cause de ses nombreux avantages importants. Premièrement, il se désintègre par émission de positron ($\beta+$) suivie d'une annihilation par positron-électron avec émission des deux rayons gamma (γ) 0,511 MeV à directions opposées. L'émission gamma permet la mesure *in vivo* à travers un tissu de plante vivante de n'importe quelle épaisseur en temps réel. La détection concomitante des deux rayons γ permet en outre la localisation précise de l'atome de carbone en désintégration. Deuxièmement, le ^{11}C a une durée de vie de 20,4 minutes. Par conséquent, plusieurs expériences peuvent être conduites quotidiennement sur la même plante pendant tout son cycle végétatif. La récente mise au point par Fares *et al.* (1978) d'une technique de production continue, plutôt qu'intermittente, de ^{11}C, permet le marquage stationnaire et le marquage en « pulse négatif ».

METHODES ET MATERIELS

Expérimentations avec le ^{11}C

Des plants de patate douce, de la variété Centennial, ont été cultivés dans des pots de 29,4 cm de diamètre contenant du terface, de la vermiculite et du gravier dans un rapport 1:1:1. Les bourgeons latéraux des tiges principales avaient été enlevés pour éviter la formation de puits secondaires. Les plants ont été cultivés au Phytotron de l'Université de Duke pendant la plus grande partie de leur croissance dans les conditions suivantes : des températures de 24° C le jour et de 20° C la nuit, une photopériode de 16 h de lumière fluorescence-incandescence combinées, une concentration ambiante de CO_2 (350 ppm). Pendant les expérience avec le ^{11}C, la concentration de CO_2 a été de 450 ppm. Les plants décrits dans les expériences de ^{11}C suivantes étaient des boutures de tiges âgées de six semaines, qui n'avaient pas encore formé de racines de réserve discernables.

Production de ^{11}C

Le ^{11}C a été produit de manière continue pendant le déroulement de l'expérience afin de permettre une analyse cinétique sans défaillance du phénomène de transport (pour une description détaillée, voir Fares *et al.* 1978). La production consistait à accélérer ^{3}He à l'aide d'un accélérateur de 4 MeV Van der Graaff utilisant $^{12}CO_2$ gazeux comme cible de bombardement. Ceci a doné la réaction suivante : ^{12}C (^{3}He, ^{4}He) ^{11}C. L'effluent cible est ensuite transporté vers le phytotron par l'intermédiaire d'un tube capillaire de teflon d'un diamètre intérieur d'environ 1,3 cm et de 120 mètres de long. A son arrivée, le gaz effluent passe à travers un siphon à mélange d'hydroxyde de calcium et d'hydroxyde de sodium pour enlever le $^{12}CO_2$, laissant de façon prédominante du ^{11}CO. Le ^{11}CO passe ensuite sur un four à oxyde cuivrique (~ 600° C) et oxyde en $^{11}CO_2$. En utilisant cette technique, un $^{11}CO_2$ d'une activité spécifique constante et connue a été administré à la plante.

L'administration du $^{11}CO_2$ à la plante et la surveillance subséquente du flux de carbone : une description détaillée de la conduite de l'expérience est fournie par Fares (1978). Brièvement, $^{11}CO_2$ est administré à une feuille individuelle en utilisant une chambre pour feuille standard (10 cm_2), le rapport entrée sortie du CO_2 étant contrôlé par une analyse de gaz à infra-rouge. Des détecteurs de coïncidence à scintillation sont placés sur la feuille, le pétiole et à certains endroits, en haut et en bas de la tige. Cette technique permet le marquage en « pulse », stationnaire et en « pulse négatif ».

Les données fournies par chaque détecteur de coïncidence et par les détecteurs de fourniture, de sortie, de ligne et de feuille sont relevées chaque 60 sec, comme l'étaient les mesures continues du taux de photosynthèse net de la feuille. Les données recueillies traduites au fur et à mesure en « temps réel » par un ordinateur Hewlett Packard modèle 9845. L'enregistrement de chaque série était corrigé ensuite pour la variation du détecteur, la période de l'isotope et le bruit de fond. Les vitesses de transport étaient calculées à partir du temps d'arrivée du front de marquage se déplaçant de haut en bas de la tige et de la distance entre la source foliaire et les détecteurs de la tige. L'emploi de détecteurs de coïncidence permettait des mesures précises de la position du front de ^{11}C.

Expérimentations avec le ^{14}C

Trois séries de dix plants de la variété Red Jewel, cultivés individuellement dans des pots de 29,4 cm de diamètre, ont été traités avec du CO_2 avec le ^{14}C au 44ème, 74ème et 105ème jour de végétation, une quatrième série servant de témoin. La partie aérienne de chaque plant a été exposée, dans une chambre de traitement de plant standard, pendant deux heures à 14,4 μCi de $^{14}CO_2$ à partir de $Ba^{14}CO_3$ produit avec H_3PO_4. L'atmosphère à l'intérieur de la chambre était brassé pendant le traitement à l'aide d'une pompe à circulation d'air. Le $^{14}CO_2$ restant fut enlevé à la fin de la période de marquage par l'introduction d'une colonne Ascarite dans le système de circulation.

Les plants traités aux 44ème, 74ème et 105ème jours, de même que les plants témoins, ont été récoltés au 106ème jour. Cependant, deux plants de chacune des séries traitées au 44ème jour et au 74ème jour ont été retenus pour la préparation des sections de racines de réserve 24 heures après leur traitement respectif.

Les racines de réserve fraîchement récoltes ont été utilisées pour la préparation de sections transversales de 1,5 mm d'épaisseur. Elles ont été prélevées des parties proximales, médianes et distales des racines de réserve. Des sections longitudinales ont été opérées sur d'autres racines. Les échantillons ont ensuite été pressés entre des cartons, congelés et liophilisés, après quoi ils ont été montés sur papier pour l'autoradiographie (film Kodak X-O mat RP, développeur D-19,

temps d'exposition 2-4 semaines). Après l'autoradiographie les échantillons individuels ont été quantifiés par l'oxydation d'échantillons de 20 mg et siphonnage subséquent dans 10 ml d'éthanol-éthanolamine (1:2, v:v). Enfin, une partie aliquote de 1 ml a été ajoutée à 15 ml d'un mélange scintillant (0.6Fg PPO et 6 g POPOP 1 toluène) avec 1 ml d'absolu, et mesurée par un compteur à liquide scintillant Beckman LS-100 C.

La distribution de la radioactivité de sections transversales a été déterminée en mesurant quantitativement des échantillons prélevés sur quatre zones de la racine de stockage ainsi dénommées : zone 1 - la région corticale du périderme externe ; zone 2 - l'anneau du cambium vasculaire et les tissus dans son voisinage immédiat, ne s'écartant pas plus d'un millimètre de chaque côté de l'anneau du cambium ; zone 3 - la stèle périphérique qui est adjacente mais intérieure à la zone 2 et qui correspond à la région de la stèle qui montre des files de cellules radiales du xylème ; et la zone 4 - la stèle interne qui est la partie la plus interne de la racine de réserve et dans laquelle les vaisseaux du xylème sont distribués au hasard.

L'effet de la remobilisation du substrat marqué sur l'émission de pousses a été observé chez les pousses des racines de réserve replantées, obtenues à partir des quatre séries de plants récoltés au 106ème jour de végétation. Les racines de stockage étaient plantées, sous serre, à une profondeur de 2 cm dans des pots de 294 cm de diamètre (remplis de terre limono-argileuse de Cecil). Pas plus de trois pousses étaient admises à se développer à l'extrémité proximale de chaque racine de stockage. Les pousses entières aux stades 2, 4, 6 et 8 feuilles ont été récoltées, pressées, séchées au four à 70° C pendant 18 heures, montées sur papier à dessin et autoradiographiées comme décrit précédemment.

RESULTATS

Fixation et translocation des photosynthétats de ^{11}C

La réponse caractéristique d'une patate douce à une onde carrée de fourniture de $^{11}CO_2$ à une feuille individuelle est présentée dans la Figure 1 A. Les chiffres du graphique réfèrent à la position de détecteurs spécifiques situés sur la plante, et aux données correspondantes de sortie (log de la radioactivité). Le détecteur 1 était posé sur le pétiole juste en-dessous du limbe de la feuille traitée. Les détecteurs 2 et 3 étaient posés à 16 et 37 cm en-dessous du limbe de la feuille, sur la tige. Pendant les 23 premières minutes de l'expérience, le $^{11}CO_2$ de l'accélérateur (ligne foncée) a été déchargé jusqu'à l'obtention d'une lecture stationnaire. Pendant ce temps, la feuille était exposée au $^{12}CO_2$ à raison de 350 ppm. Entre les minutes 23 et 139, $^{11}CO_2$ et $^{12}CO_2$ ont été administrés à la feuille, à raison de 450 ppm. Le niveau de radioactivité dans la feuille augmente rapidement jusqu'à ce qu'il atteigne un niveau stationnaire, moment où l'exportation due à la translocation et à la respiration est équivalente à l'incorporation. La ligne 1 représente l'exportation de carbone en-dessous du pétiole. Le taux d'arrivée du front de ^{11}C aux différents détecteurs (tels que 2, 3, 4) vers le bas de la tige peut servir à calculer la vitesse de transport basipète, la distance qui les sépare de la source étant connue. Dans ce cas, (Figure 1A), la vitesse du transport des photosynthétats dans le phloème était de 1,04 cm/min. On peut effectuer le même calcul pour le transport acropète, grâce à l'installation appropriée de détecteurs, mais cela n'a pas été fait dans cette étude. De plus, si l'activité spécifique du saccharose formé est connue et compte tenu des corrections appropriées suivant la durée de vie, la sensibilité des détecteurs et l'estimation de la tige et du volume des tubes criblés contenant le ^{11}C, le nombre de moles de saccharose/cm³ peut être calculé.

Après l'arrêt du flux de $^{11}CO_2$ vers la feuille, une courbe de désintégration caractéristique se développe. La différence entre la désintégration calculée de ^{11}C (durée de 20,4 min) et la désinté-

gration mesurée indique la quantité de photosynthétats de ^{11}C disponible pour l'exportation (transport + respiration) (Figure 1 A). La valeur restante est égale à la valeur des photosynthétats de ^{11}C stockés dans des produits comme l'amidon de la feuille. En mesurant le temps de recyclage du pool mobile de photosynthétats de ^{11}C, on peut calculer sa durée de vie.

La figure 1 B représente les effets de l'exposition d'une section de pétiole de 1 cm de long de la feuille traitée à une température de 10° C pendant 120 sec, suivie d'un rapide (~ 30 sec.) réchauffement à la température ambiante de 24° C. Le transport des photosynthétats de ^{11}C vers le bas de la tige s'arrête presqu'immédiatement, affectant le transport ultérieur vers des positions plus basses sur la tige. Quand la récupération commence à se manifester, environ 55 minutes après la fin de ce traitement, il est extrêmement lent, n'approchant jamais (à noter les log en ordonnée) les niveaux antérieurs pendant les 80 minutes restantes du test. De plus, le niveau de ^{11}C demeurant dans la feuille augmente en même temps que le transport diminue.

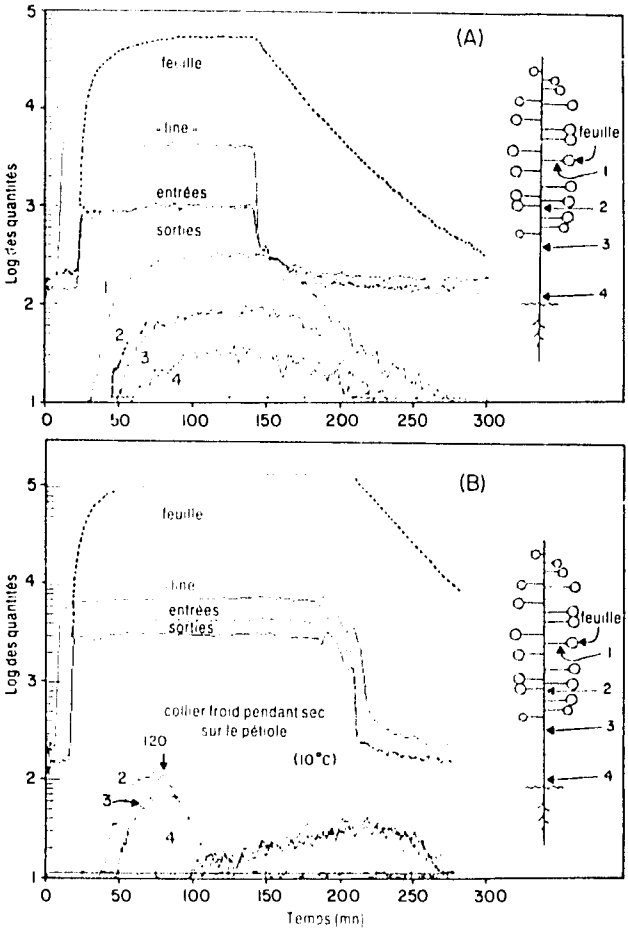


Figure 1. Comparaison entre le traitement normal consistant en une onde carrée de ^{11}C (A), et l'effet d'une impulsion de froid (10° C) en collier autour du pétiole pendant 120 secondes sur le transport des photosynthétats de ^{11}C de la feuille vers le bas de la tige d'un plant de patate douce (B).

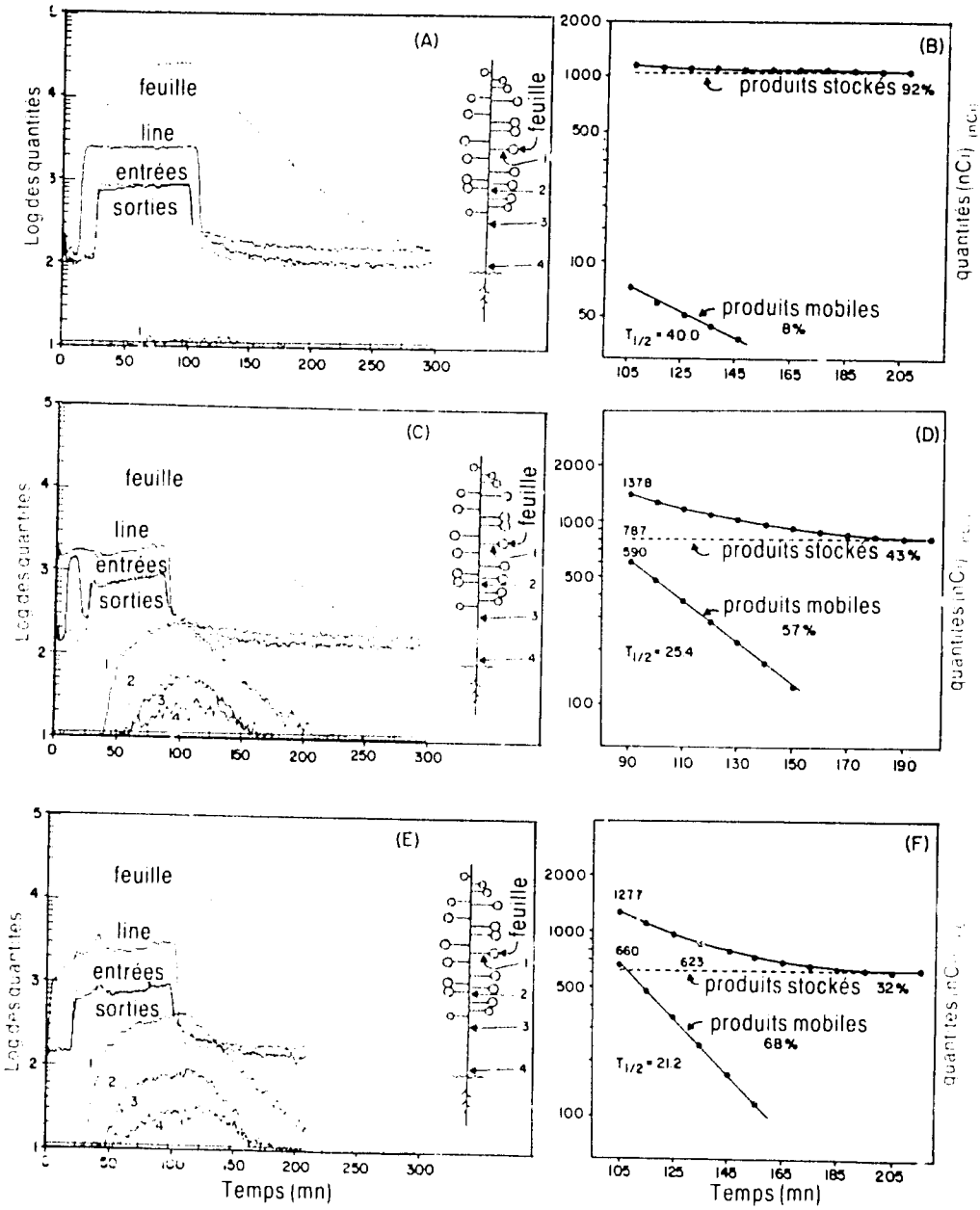


Figure 2. Effet d'un léger déplacement d'un plant entier de patate douce sur le transport des photosynthétats de ^{14}C.
A) fixation et transport de ^{14}C,
B) pools mobiles et non mobiles,
C) fixation et transport de ^{14}C 24 h après le déplacement,
D) pools mobiles et non mobiles 24 h après le déplacement,
E) fixation et transport de ^{14}C 48 h après le déplacement, et F) pools mobiles et non mobiles 48 h après le déplacement

L'effet d'une faible perturbation physique sur l'acquisition et le transport des photosynthétats de ^{11}C est visible sur la Figure 2 A-F. Le traitement impliquait l'élévation du plant du plancher de la chambre de culture jusqu'au support utilisé pour maintenir les détecteurs et assurer la mise en place de chacun d'eux. Ce petit déplacement a produit des mouvements de va-et-vient extrêmes dans le système de transport du carbone chez la patate douce. L'expérimentation sur ^{11}C avait débuté 2 h après le déplacement et, 275 minutes après le début de l'exposition du plant au $^{11}CO_2$, aucun ^{11}C quittant la feuille (Figure 2A) via le pétiole et la tige (détecteurs 1-4) n'a pu être détecté. Le taux de photosynthèse de la feuille, cependant, est resté relativement élevé (18 mg CO_2 dm^{-2} h^{-1}, résultat de l'analyse de gaz par infra-rouge) comparé au taux de photosynthèse de la feuille pendant la période de rétablissement de la fonction de transport des 48 heures suivantes. Le $^{11}CO_2$ fixé par la feuille après le déplacement (~ 1 h) restait presque exclusivement (92 %) dans la feuille sous forme d'amidon ou d'autres produits non transportés (Figure 2 B).

Le pool des produits mobiles représentait 8 % du ^{11}C fixé, dont la presque totalité avait quitté la feuille par respiration diurne et nocturne. Le temps de remplacement du pool mobile de ^{11}C était de 80 min ($T_{1/2}$ = 40 min.). À partir du second jour, le plant s'était considérablement bien remis de la perturbation (Figure 2 C). Le transport de ^{11}C à partir de la feuille était important et pouvait être observé au pétiole et à chaque position vers le bas de la tige. La vitesse des photosynthétats dans le phloème avait augmenté de 0 à 0,86 cm/min. Le deuxième jour, le pool de stockage du ^{11}C représentait seulement 43 % du carbone fixé, le pool mobile ayant atteint 57 % (Figure 2 D). De plus, le cycle de remplacement du pool mobile s'était réduit de façon appréciable ($T_{1/2}$ = 25,4 min). Au troisième jour (48 h après la perturbation), le plant avait retrouvé ce qui paraissait être un système normal de fixation-transport du carbone (Figure 2 E). Le pool de stockage représentait 32 % du carbone fixé alors que 68 % étaient trouvés dans le pool mobile (translocation + respiration). $T_{1/2}$ avait décru de 4,2 min depuis la veille, atteignant 21,2 min et la vitesse de transport des photosynthétats dans le phloème avait atteint 1,13 cm/min.

Accumulation des photosynthétats de ^{14}C dans les racines de réserve et redistribution aux pousses

Les autoradiographies de sections transversales de racines de réserve de plants traités au 44ème jour et récoltés au 106ème jour ont montré de la radioactivité sur toute leur surface excepté le long d'une bande de forme plutôt circulaire (Figure 3). Cette bande se trouve à proximité de l'anneau de cambium vasculaire, et comprend outre celui-ci, des tissus différenciés issus de l'anneau à la fois sur sa face externe et sa face interne. Si la région corticale externe montre de la radioactivité, la région du cortex secondaire du phloème, adjacent à l'anneau du cambium vasculaire, par contre n'en montre pas. Le gros de la section transversale radioactive est au centre de la stèle, contigue à l'anneau de cambium vasculaire est toutefois à l'intérieur de la bande où la radioactivité est moins perceptible. Cette bande est beaucoup plus large dans la section proximale (Figure 3 A) que dans la section distale (Figure 3 C). Sa largeur est plutôt intermédiaire dans la section médiane (Figure 3 B).

La répartition de la radioactivité dans la stèle centrale n'est pas uniforme. C'est notamment le cas pour la section proximale (Figure 3 A). Dans le cortex, la région marquée montre une distribution uniforme de la radioactivité quelle que soit la section. La partie du cortex marquée de la section médiane (Figure 3 B) compte pour environ 50 % de la surface totale externe à l'anneau du cambium vasculaire.

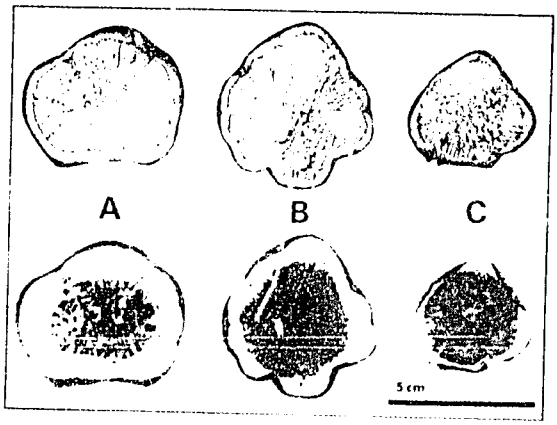


Figure 3. Distribution du $^{14}CO_2$ assimilé dans des sections transversales d'une racine de réserve d'un plant traité au 44ème jour de son cycle végétatif et récolte pour autoradiographie au 106ème jour.
A) Section dans la portion proximale,
B) section dans la portion médiane,
C) section dans la portion distale. (En haut, spécimens montés, en bas autoradiographies).

Les autoradiographies des sections transversales des racines de réserve des plants traités au 74ème jour et récoltés au 106ème jour de leur cycle, présentent une image différente (Figure 4). De nouveau, on observe une bande circulaire s'étendant des deux côtés de l'anneau de cambium vasculaire, où la radioactivité est beaucoup moins distincte que celle des autres parties de la section transersale. Cette bande, cependant, est beaucoup plus étroite que celle du premier type précédemment décrit dans la Figure 3. Cette bande est à nouveau plus large dans la section proximale (Figure 4 A) que dans la section distale (Figure 4 C). La largeur de la bande dans la section médiane (Figure 4 B) est intermédiaire.

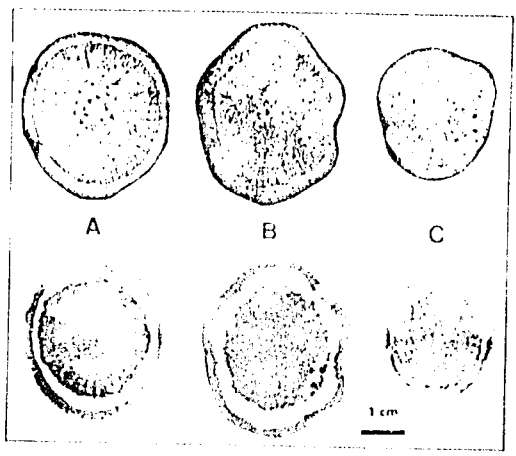


Figure 4. Répartition du $^{14}CO_2$ assimilé dans les sections d'une racine de réserve d'un plant traité au 74ème jour et récolté pour autoradiographie au 106ème jour de son cycle végétatif.
A) section dans la portion proximale,
B) section dans la portion médiane,
C) section dans la portion distale.
(En haut, spécimens montés, en bas, autoradiographies).

La radioactivité dans la région corticale externe paraît uniformément répartie. Dans la section qui traverse la portion médiane de la racine de stockage (Figure 4 B), la portion de la région corticale qui paraît marquée compte pour environ 70 % de la zone externe à l'anneau de cambium vasculaire.

La partie de la stèle montrant une radioactivité perceptible est plus grande que dans le cas décrit précédemment. La répartition de la radioactivité dans le centre de la stèle ne paraît pas uniforme. Ceci est particulièrement vrai dans le cas de la station proximale (Figure 4 A). La répartition irrégulière de la radioactivité dans la stèle centrale n'est toutefois pas aussi frappante que dans le premier cas décrit à la Figure 3.

Les autoradiographies de sections transversales de racines de réserve de plants traités au 105ème jour et récoltés au 106ème jour de leur cycle végétatif (Figure 5) montrent une distribution de la radioactivité fondamentalement différente de celle des autres cas décrits plus haut.

Dans ce cas, la radioactivité est concentrée dans un anneau clairement défini qui correspond exactement à l'emplacement du cambium vasculaire. Les parties restantes de la section transversale paraissent marquées, le cortex et la périphérie de la stèle semblant avoir une plus grande concentration de radioactivité que le centre de la stèle. Dans chacune de ces zones, toutefois, la distribution de la radioactivité était uniforme.

Il n'y avait pas de différence essentielle, dans ce modèle de distribution, entre les sections proximales (Figure 5 A), médiane (Figure 5 B) et distale (Figure 5 C) de la même racine de stockage.

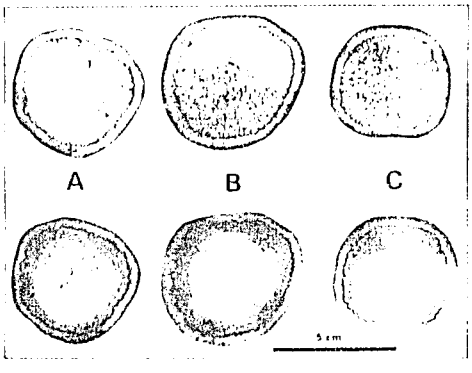


Figure 5. Distribution du $^{14}CO_2$ assimilé dans des sections longitudinales d'une racine de stockage d'un plant traité au 105ème jour de son cycle et récolté pour autoradiographie au 106ème jour de son cycle végétatif.
A) section dans la portion proximale, B) section dans la portion médiane, C) section dans la portion distale. (En haut, spécimens montés ; en bas, autoradiographies)

Les sections longitudinales (Figure 6) démontrent mieux encore les différences qui existent entre les trois modèles, et qui sont causées par les différentes époques de traitement. La section longitudinale d'une racine de stockage d'un plant traité au 44ème jour et récolté pour autoradiographie au 106ème jour de son cycle végétatif est montrée dans la Figure 6 A. La zone relative de tissus qui apparaît radioactive suit une gradation le long de l'axe longitudinal de la racine de stockage dont l'extrémité proximale montre une plus grande proportion de tissus radioactifs que l'extrémité distale.

La section longitudinale d'une racine de réserve d'un plant traité au 74ème jour et récolté au 106ème jour de son cycle végétatif (Figure 6 B) montre que la bande, ou la radioactivité n'est pas facilement perceptible, est plus large à l'extrémité proximale et diminue vers l'extrémité distale. A l'extrême bout de celle-ci, la bande est absente. Dans ce cas-ci, la bande (Figure 6 B) est, dans l'ensemble, relativement plus étroite que dans le cas précédent (Figure 6 A).

La section longitudinale d'une racine de réserve d'un plan traité au 105ème jour et récolté au 106ème jour de son cycle (Figure 4 C) montre que le cambium vasculaire présente une concentration de radioactivité beaucoup plus élevée que les autres zones de la racine de réserve.

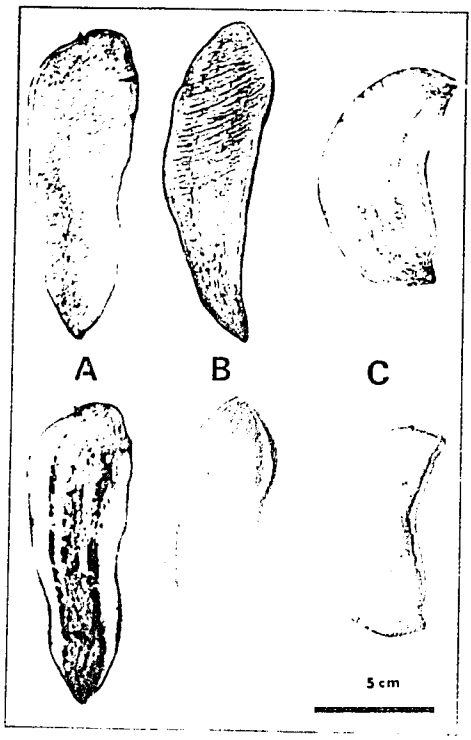


Figure 6. Répartition du $^{11}CO_2$ assimilé dans des sections longitudinales de racines de réserve de plants traités à trois stades du cycle végétatif différents et récoltés simultanément au 106ème jour pour autoradiographie.
A) Section d'une racine de réserve marquée au 44ème jour.
B) section d'une racine de réserve marquée au 74ème jour.
C) section d'une racine de réserve marquée au 105ème jour. En haut spécimens montés, en bas autoradiographie, le sommet supérieur de la racine de réserve est l'extrémité proximale).

Les résultats de l'analyse quantitative de la concentration en radioactivité de diverses zones des sections transversales sont présentés au Tableau 1. Ces résultats confirment pleinement les constatations permises par les autoradiographies.

Tableau 1. Répartition de la radioactivité dans des sections transversales de racines de réserve provenant de plants traités aux 44, 74 et 105 jours de leur cycle végétatif et récoltés au 106 jour (en cpm 20 mg poids de matière sèche)

Stade de développement	Zone Z	Position de la section transversale dans la racine Y		
		Proximale	Médiane	Distale
44 jour	1	274 (44)	251 (42)	448 (105)
	2	36 (6)	50 (14)	459 (50)
	3	77 (10)	98 (25)	705 (107)
	4	246 (27)	520 (15)	815 (41)
74 jour	1	218 (7)	295 (6)	220 (45)
	2	173 (23)	108 (12)	191 (10)
	3	313 (23)	153 (10)	250 (8)
	4	333 (16)	196 (4)	253 (21)
105 jour	1	84 (14)	151 (13)	88 (2)
	2	197 (16)	198 (11)	103 (32)
	3	114 (40)	143 (16)	59 (3)
	4	53 (28)	35 (8)	50 (10)

Z Zone 1 - Cortex externe-périderme
Zone 2 - Anneau du cambium vasculaire et ses alentours immédiats
Zone 3 - Stele périphérique
Zone 4 - Stele centrale
Y Les chiffres entre parenthèses sont les déviations standards.

Pour les sections transversales des racines de réserve des plants traités au 44eme jour et récoltés au 106eme jour, l'anneau de cambium vasculaire et son voisinage immédiat montrent le taux de radioactivité par unité de poids sec le plus bas, en comparaison des autres zones de la section. Ceci est valable pour la portion proximale, médiane et distale de la racine. Toutefois, la quantité de radioactivité de n'importe quelle zone de la section distale était plus élevée que celle des zones correspondantes sur la section proximale ou médiane.

Les données concernant la section transversale de la racine de réserve de plants traités au 74eme jour et récoltés au 106eme jour indiquent que c'est dans l'anneau vasculaire du cambium et dans son voisinage immédiat que la plus faible radioactivité en unité de compte poids sec a été enregistrée. Ceci est valable pour les trois sections, proximale, médiane et distale.

Dans le cas de sections de racine de stockage de plants traités au 105eme jour, le relevé de la plus haute radioactivité a été enregistrée dans la région du cambium vasculaire, la plus faible dans la stèle centrale, les deux autres zones de la section montrant des décomptes intermédiaires. Ce mode de concentration radioactive de la section transversale était le même dans les portions proximales, médianes et distales.

La radioactivité dans les racines de réserve des plants traités au 44eme jour et au 74eme jour de leur cycle, mais récoltés pour autoradiographie 24 heures après le traitement, est concentrée dans l'anneau de cambium vasculaire (les données ne sont pas montrées). Les autres zones des sections transversales sont marquées plus ou moins uniformément, moins à un moindre degré. Les racines de réserve des plants traités au 105eme jour et récoltés 24 heures plus tard présentent le même comportement général.

Les autoradiographies des pousses prélevées sur des racines de réserve montrant trois modes différents de marquage de la racine en ^{14}C (44eme, 75eme ou 105eme jour) ont produit des images de marquages essentiellement identiques, qu'elles soient tirées au stade de la 2de, 4eme, 6eme ou 8eme feuille (la Figure 7 montre seulement l'autoradiographie au stade de la 8eme feuille, à 105 jours). La radioactivité détectée était uniformément répartie dans toute la plante, les concentrations les plus élevées se trouvant dans les veines des feuilles.

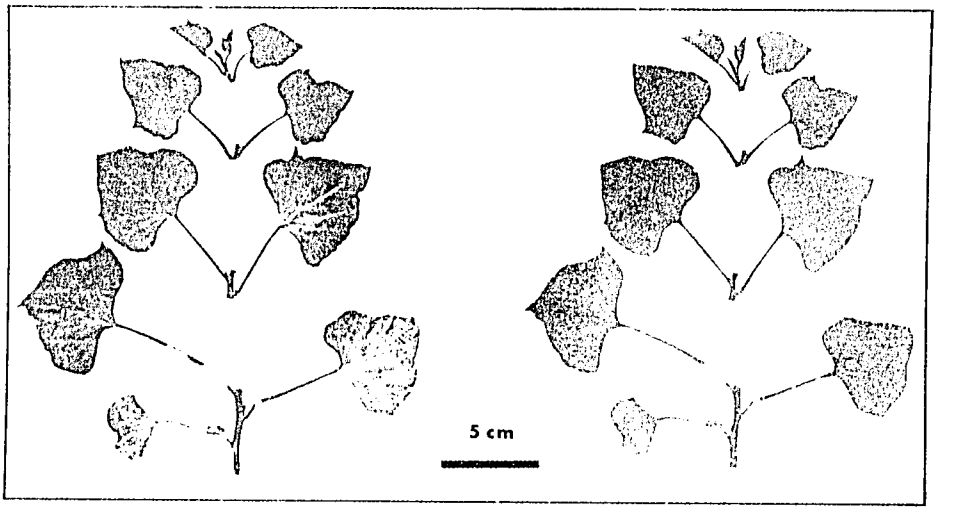


Figure 7. Redistribution du ^{14}C assimilé dans une pousse au stade huit feuilles poussant sur une racine de réserve récoltée au 106eme jour après avoir été traitée au 105eme jour de son cycle.
A gauche spécimen monté, à droite autoradiographie (les racines fibreuses ne sont pas montrées).

DISCUSSION

Fixation et translocation des photosynthétats de ^{11}C en réponse à des stimuli externes

Nous avons montré, en utilisant les taux de fixation et de translocation du ^{11}C, que de brèves périodes d'exposition à de basses températures et à des perturbations mécaniques exercent un effet prononcé sur le système de transport du carbone chez la patate douce. La plante réagissait à la pose d'un collet de froid autour du pétiole (10°C pendant 120 sec) par une diminution rapide de la translocation des photosynthétats de ^{11}C vers le bas par le pétiole de la feuille traitée. Le rétablissement très lent du système de transport signifie qu'un stress important a été infligé à la plante, et non pas de simples modifications d'allure de certaines étapes de transport.

Il est difficile d'envisager, pour le moment, quelle pourrait être l'amplitude du stress dû au traitement, si celui-ci devait être transposé dans la perspective d'une culture au champ. Alors que l'exposition prolongée de très jeunes plants de patates douces à une température de 10°C peut être mortelle (Harter et Whitney 1926), il est assez fréquent qu'en zone tempérée, les champs de patates douces soient exposés sans dommage apparent à des températures nocturnes de 10°C à la fin de l'automne. Ceci laisse supposer que l'âge du plant, ses antécédents et la durée d'exposition, ont une importance considérable et s'ajoutent au facteur température lui-même.

On sait que le stress mécanique (thigmomorphongenèse) infligé à certaines parties de la plante peut provoquer des modifications importantes au niveau de sa croissance (Boyer 1967; Hiraki et Ota 1975; Jaffe 1973; Neel et Harris 1971; Russel et Grace 1978). Par exemple, le vent (7.4 m sec^{-1}) peut modifier le taux de croissance foliaire et, par conséquent, la structure entière de la plante chez les graminées (Russell et Grace 1978). Dans la présente étude, un très léger stress mécanique, peut-être causé en partie par un changement de position de la plante dans le champ de gravitation, a provoqué l'arrêt complet du transport du carbone à partir des feuilles. De plus, le taux de photosynthèse de la feuille n'a pas été grandement affecté. Il en est résulté un changement radical de la taille des pools mobile et immobile de ^{11}C fixé, et du taux de turnover du pool mobile.

On sait depuis un certain temps que les plantes forment des cals autour des pores des plateaux cribles du phloème, en réponse à de stress d'une gravité suffisante pour causer rapidement d'importants changements de pression interne. Cettre contraction des pores a un effet prononcé sur le flux traversant le tube criblé. Par exemple, une réduction du diamètre des pores de 1 μm à 0.2 μm donne un flux au travers de ceux-ci 600 fois moindre. La formation des cals en réponse à des stress mécaniques causés par le vent ou tout autre mouvement, a été jugée peu probable, car elle placerait la plante dans une situation évolutive défavorable (Canny 1973). Cet argument pouvait cependant être écarté si la réaction de la plante n'avait pas d'effet majeur sur son acquisition nette du carbone. Nos résultats, pas plus que ceux de Russell et de Grace (1978), n'ont révélé d'action importante de l'agitation sur le taux de photosynthèse. Alors qu'il est prématuré de spéculer sur un éventuel mécanisme actif, causé par le mouvement d'un plant de patate douce, responsable des changements prononcés intervenus dans la tanslocation du carbone, la réaction a été importante et peut-être significative pour le contrôle des mouvements de carbone chez les plantes. En outre, il conviendrait d'identifier les effets des antécédents de la plante, de la sévérité du stress et de l'espèce.

Il ressort aussi clairement des données présentées que l'utilisation de ^{11}C est un excellent moyen de contrôler les facteurs limitants de la croissance de la plante. Le taux net de photosynthèse, le taux d'incorporation des photosynthétats dans la feuille, le taux d'exportation, la dimension des pools mobile et non mobile, le taux de turnover du pool d'exportation, la rapidité ou la vitesse moyenne du transport par le phloème, le déchargement aux puits et d'autres processus

peuvent être mesurés facilement et d'une manière non destructrice. L'intégration de ce potentiel de moyens et d'un modèle mécanique dans un programme de génie génétique sur la patate douce aura un effet prononcé sur les possibilités d'amélioration rapide de la productivité de la patate douce.

Accumulation des photosynthétats de ^{14}C dans les racines de réserve

Aux trois stades de végétation étudiés, c'est le long de l'anneau de cambium vasculaire que les assimilats hydrocarbonés marqués s'accumulaient le plus, 24 heures après le traitement. A ce propos, il est fort probable que les assimilats se présentent sous une autre forme que l'amidon, car aucun grain d'amidon n'a été détecté dans le cambium vasculaire. L'accumulation d'assimilats hydrocarbonés nouvellement formés dans l'anneau de cambium vasculaire pourrait, dans une large mesure, être liée au fait que cette zone présente une grande activité métabolique, car elle est le siège de l'activité méristématique maximum de la racine de réserve.

Toutes les autres zones des racines de réserve présentent un taux perceptible de radioactivité. Le matériel marqué au ^{14}C existe probablement à ce moment là sous une forme hydrolysée, ce qui lui permet d'être distribué dans toute la racine de réserve.

Dans les racines de réserve des plants traités au 105ème jour et récoltées 24 heures plus tard, la radioactivité relevée par unité de poids sec était la plus élevée dans le cambium vasculaire, un peu moindre dans le péridermie-région corticale externe et la stèle périphérique, et la plus faible à l'intérieur de la stèle. Ceci indique qu'une partie des assimilats se concentrerait, lors du déchargement du phloème, autour de l'anneau de cambium vasculaire (qui est proche du phloème), alors que la partie restante se déplacerait vers la surface externe et vers le centre de la racine de réserve. L'intérieur de la stèle étant située le plus loin de la zone de déchargement, cette partie enregistre la plus faible radioactivité par unité de poids sec.

La concentration des hydrates de carbone venant d'être assimilés, le long de l'anneau de cambium vasculaire, immédiatement après le traitement, n'est plus observée lors du développement ultérieur de la racine de stockage. Les hydrates de carbone accumulés sont, soit utilisés dans des activités métaboliques comme la respiration, soit transférés dans d'autres parties de la racine de stockage. Les deux processus peuvent entrer en jeu en même temps. Le transfert à d'autres zones peut impliquer soit le réel mouvement des assimilats vers d'autres parties de la racine de stockage, soit un changement relatif d'emplacement dû à la division cellulaire et à la différenciation des tissus du cambium vasculaire qui s'enfuit. Ce dernier processus n'est probablement pas un important facteur en cause, car les autoradiographies des racines de réserve marquées au 44ème ou au 74ème jour et récoltées au 106ème jour ne présentent pas d'anneau de radioactivité bien net à l'intérieur de l'anneau de cambium vasculaire. Il faut remarquer que l'accumulation finale d'amidon dans les racines de réserve s'effectue principalement dans les faisceaux vasculaires du parenchyme, et est plus générale que localisée.

La surface d'expansion de la radioactivité perceptible à l'intérieur de la stèle des racines de réserve marquées au 44ème jour et récoltées au 106ème jour, est beaucoup plus grande que la section transversale entière des racines de réserve récoltées au 45ème jour. De même, la surface d'expansion de la radioactivité, perceptible à l'intérieur de la stèle de sections transversales de racines de réserve marquées au 74ème jour et récoltées au 106ème jour, est beaucoup plus grande que la surface de la section transversale de racines de réserve récoltées au 75ème jour. Il est à noter que les sections transversales entières de réserve récoltées au 45ème jour ou au 75ème jour montrent une radioactivité également répartie entre les zones autres que l'anneau de cambium vasculaire.

Les comparaisons ci-dessus indiquent soit que l'accumulation des assimilats de $^{14}CO_2$ dans la

racine de stockage se poursuit bien après la période de 24 heures suivant le traitement, soit qu'une redistribution du matériel accumulé se produit, du centre vers l'extérieur de la racine. Kato *et al.* (1972) ont indiqué que 20 % des photosynthétats de ^{14}C avaient subi la translocation à partir de la feuille enracinée après 30 min de marquage au ^{14}C. Le mouvement des photosynthétats de ^{14}C étaient surtout dirigés vers les racines. Près de 50 % du total des photosynthétats de ^{14}C étaient perdus après 24 heures, consommés par la respiration. Cependant, les travaux portaient sur la simple feuille enracinée. Il est plus probable qu'une fois localisés à un point autre que l'anneau de cambium vasculaire, les assimilats marqués se polymérisent et ne se meuvent plus aussi facilement vers de nouvelles zones différenciées à partir du cambium vasculaire. S'il en était autrement, les racines de réserve complètement développées marquées précocement, ne montreraient pas de si nettes différences de radioactivité entre les différentes zones de la même section transversale.

D'autre part, on suppose que le rôle de l'anneau du cambium vasculaire, comparé au cambium anormal, dans la détermination de la croissance de la racine de stockage, est une caractéristique du cultivar (Wilson et Lowe 1973). Chez le cultivar Red Jewel, qui fait l'objet de cette étude, l'activité de l'anneau de cambium vasculaire, à partir du 44ème jour, est responsable pour au moins la moitié de la surface de la section transversale opérée dans la portion apicale de la racine de stockage. Il est probable qu'une zone de croissance toujours plus grande peut être imputée à l'anneau de cambium vasculaire, bien que cela ne paraisse pas évident ici, soit parce que le transport des assimilats de $^{14}CO_2$ dans la racine s'étend sur une période relativement longue après le traitement, soit parce que la redistribution du matériel marqué se produit à partir du cœur central vers sa périphérie.

Les racines de réserve des plants traités aux 44ème et 74ème jours et récoltés pour autoradiographie au 106ème jour montrent une répartition de la radioactivité dans la stèle centrale qui ne paraît pas uniforme. C'est particulièrement le cas des racines de réserve des plants traités au 44ème jour, chez lesquelles on peut discerner un dessin moucheté. D'ordinaire, les groupes et les vaisseaux du xylème d'une racine de réserve sont répartis au hasard à l'intérieur d'une stèle qui, par ailleurs, présente un aspect uniforme. Les cambium anormaux naissent principalement au voisinage des groupes du xylème (Artschwager 1924). Ainsi, il est probable que les zones situées à l'intérieur de la stèle et faiblement radioactives, soient formées de cellules de cambiums anormaux ou de cellules récemment différenciées à partir de ceux-ci. Si tel est le cas, les zones montrant moins de radioactivité dans le cœur témoignent de la contribution relative des cambiums anormaux à la masse globale de la racine de réserve, à partir de la date de marquage.

Quand les plants sont traités à différents stades de la végétation, mais récoltés pour autoradiographie de la racine de réserve au 106ème jour de leur cycle, l'épaisseur de la zone corticale marquée varie avec la date du traitement. Les racines de réserve des plants traités plus tôt, montrent une zone de radioactivité plus mince. Ceci dénote une croissance de la région secondaire du phloème-cortex et le fait que les hydrates de carbone accumulés dans la région corticale plus ancienne ne migrent pas de façon appréciable vers l'intérieur de la zone qui vient de se différencier à partir du bord externe de l'anneau de cambium vasculaire. Cela peut aussi indiquer que la région corticale plus ancienne peut être, à un certain degré, comprimée par la masse sous-jacente et en expansion.

D'après les résultats obtenus, les invaginations constatées le long de la surface de la racine de réserve proviennent de certaines parties de l'anneau de cambium vasculaire dotées de taux d'activité méristématique différents ; la profondeur d'invagination dépend de l'ancienneté de cette différence de taux.

Les résulats montrent que les hydrates de carbone accumulés en premier lieu sont concentrés à l'extrémité distale de la racine de réserve. Dans la mesure où le grossissement global de la racine

de réserve est directement lié à l'accumulation d'hydrates de carbone, ceci pourrait signifier que la croissance le long de l'axe longitudinal de la racine de réserve commence à son extrémité distale, et au fur et à mesure qu'elle se développe, progresse vers son extrémité proximale.

Les études anatomiques (Wilson et Lowe 1973) ont montré qu'au début de l'ontogénie de la racine de réserve, les tissus spécialisés de son extrémité distale permettent son extension longitudinale et plus tard contribuent à la structure et probablement aux fonctions qui sont celles des racines secondairement épaissies normales, et ainsi délimitent la racine de réserve à cette extrémité. Les résulats présentés ci-dessus prouvent que la croissance longitudinale progresse ensuite vers l'extrémité proximale.

Redistribution des photosynthétats de ^{14}C de la racine de réserve vers les pousses

L'autoradiographie des pousses montrent que, tant qu'elles restent attachées à la racine de réserve, elles tirent des substances nutritives de celle-ci et que, au moins jusqu'au stade huit feuilles, la quantité tirée par la feuille formée en dernier lieu est comparable à celle de la première feuille formée. Il est concevable qu'une pousse utilise indéfiniment les réserves d'hydrates de carbone de la racine de réserve aussi longtemps qu'elle y est reliée, bien que l'exportation de carbone vers la racine de réserve puisse avoir lieu simultanément une fois que la pousse atteint une taille suffisante.

En culture de morceaux de racines de patate douces, les petits morceaux donnent naissance à des pousses moins peu vigoureuses (Kays et Stutte 1979 ; Takatori et Purnell 1961 ; Tsuno et Fujise 1965). Les résultats présentés ici indiquent que cela est du aux faibles réserves nutritives des morceaux de racines de faibles dimensions. Il reste à étudier la physiologie de la nutrition d'un plant dont la croissance est liée à la racine de stockage sur laquelle il a pris naissance, qui n'est pas celle d'un plant indépendant autonome.

Il a été démontré que les pousses provenaient de la zone du cambium vasculaire (Schlimme 1966) ou de la région corticale adjacente (Wilson et Lowe 1973). Les racines de réserve utilisées dans l'expérience sur les pousses appartenaient à des plants traités à des dates différentes et montrant de ce fait des modes de répartition des matériels marqués différents. Cette différence n'est pas reflétée par le mode de redistribution du matériel marqué dans les pousses. Ceci laisse entendre que l'hydrolyse de l'amidon pour la remobilisation dans les pousses constitue un phénomène général dans toute la racine plutôt que localisée à certains endroits de celle-ci. L'acquisition de preuves supplémentaires est essentielle pour pouvoir affirmer que tel est effectivement le cas.

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON, W. S. 1941. A preliminary study of some water relations in sweet potato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 39:295-298

ARTSCHWAGER, E. 1924. On the anatomy of the sweet potato root, with notes on internal breakdown. J. Agric. Res. 23:157-166

AUSTIN, M. E. and L. H. AUNG. 1973. Patterns of dry matter distribution during development of sweet potato (*Ipomoea batatas*). J. Hort. Sci. 48:11-17

BADENHUIZEN, N. P. and R. W. DUTTON. 1956. Growth of ^{14}C-labelled starch granules in potato tubers as revealed by autoradiographs. Protoplasma 47:156-163

BOUSSINGAULT, J. B. 1868. Agronomie, chimie agricole et physiologie. (2nd ed). Mallet Bachelier, Paris, 1860-1874, 5 vols. p 236-312

BOYER, N. 1967. Modifications de la croissance de la tigs de Bryone *(Bryonia dioica)* à la suite d'irritations tactiles. C. R. Acad. Sci. (Paris) 264 Ser. D, 2114-2117.

CANNY, M. J. 1973. Phloem translocation. Cambridge Univ. Press, Cambridge 301pp.

CHANG, L. A. 1979. Effect of low oxygen on sweet potato roots during storage. M. S. Thesis, Univ. of Georgia. 43pp.

CHANG, L. A. and S. J. KAYS. 1981. Effect of low oxygen storage on sweet potato roots. HortScience (in press)

CHUA, L. K and S. J. KAYS. 1981. Effect of soil oxygen concentration on sweet potato storage root induction and/or development. HortScience (in press).

EDELMAN, J. 1963. Physiological and biochemical aspects of carbohydrate metabolism during tuber growth. *In* J. D. Ivin and F. L. Milthorpe (ed). Growth of the Potato. *In* Proc. 10th Easter Sch. Agric. Sci. Univ. of Nottingham, Butterworths, London. 327pp.

EDMOND, J. B., O. B. GARRISON, R. E. WRIGHT, O. Woodard, C. E. STEINBAUER, and M. T. DEONIER, 1950. Cooperative studies of the effects of height of ridge, nitrogen supply, and time of harvest on yield and flesh color of the Porto Rico sweet potato. USDA Circ. 832. 40 pp.

ESAU, K. 1960. Anatomy of seed plants. John Wiley and Sons. New York. 376 pp.

FARES, Y., D. W. DEMICHELE, J. D. GOESCHL, and D. A. BALTUSKONIS. 1978. Continuous produced, high specific activity ^{11}C for studies of photosynthesis, transport and metabolism. J. Appl. Radiation and Isotopes 29:431-441

FUJISE, K. and Y. TSUNO. 1962. Study on the dry matter production of sweet potato. I. Photosynthesis in the sweet potato with special reference to measuring of intact leaves under natural conditions. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 13:145-149

FUJISE, K. and Y. TSUNO. 1967. Effect of potassium on the dry matter production of sweet potato. Proc. Intern. Symp. Trop. Root Crops 1(II): 20-33

GIAQUINTA, R. T. 1979. Phloem loading of sucrose. Involvement of membrane ATPase and proton transport. Plant Physiol. 63:744-748

GOESCHL, J. D., C. E. Magnuson, D. W. DEMICHELE, and P. J. H. SHARPE. 1976. Concentration-dependent unloading as a necessary assumption for a closed form mathematical model of osmotically driven pressure flow in phloem. Plant Physiol. 58:556-562

HAHN, S. K. 1977. A quantitative approach to source potentials and sink capacities among reciprocal grafts of sweet potato varieties. Crop Sci. 17:559-562

HARTER, L. L. and W. A. WHITNEY. 1926. Influence of soil temperatures and soil moisture on the infection of sweet potatoes by the stem rot organism. J. Agric. Res. 34:435-441

HASSELBRING, H. and L. A. HAWKINS. 1915. Respiration experiments with sweet potatoes. J. Agric. Res. 5:509-517

HIRAKI, Y. and Y. OTA. 1975. The relationship between growth inhibition and ethylene production by mechanical stimulation in *Lilium longiflorum*. Plant and Cell Physiol. 16:185-189

HOZYO, Y. 1970. Growth and development of tuberous root in sweet potato. Proc. 2nd Intern. Symp. Trop. Root and Tuber Crops 1:24-26

HOZYO, Y. and S. KATO. 1976. Thickening growth inhibition and re-thickening growth of tuberous roots of sweet potato plants *(Ipomoea batatas*, Poiret). Proc. Crop Sci. Soc. Japan 45:131-138.

HOZYO, Y. and S. KATO. 1976. The interrelationship between source and sink of the grafts of wild type and improved variety of *Ipomoea*. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 45:117-123

HOZYO, Y., T. MURATA, and T. YOSHIDA. 1971. The development of tuberous roots in grafting sweet potato plants *Ipomoea batatas* Lam. Bull. Nat. Agric. Sci. Ser. D, 22:165-191.

HOZYO, Y. and C. Y. PARK. 1971. Plant production in grafted plants between wild type and improved variety of *Ipomoea*. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Ser. D, 22:145-164

HUMPHRIES, E. C. 1967. The dependence of photosynthesis on carbohydrate sinks : Current concepts. Proc. Inter. Symp. Trop. Root Crops 1(II):34-45.

INDIRA, P. and T. KURIAN. 1973. A comparative study of the anatomical changes associated with tuberization in the roots of cassava and sweet potato. Proc. 3rd Symp. Intern. Soc. Trop. Root Crops : 73-80.

JAFFE, M. J. 1973. Thigmomorphogenesis : The response of plant growth and development to mechanical stimulation. Planta 114 : 143-157.

JEFFORD, T. G. and J. EDELMAN 1960. Changes in content and composition of the fructose polymers in tubers of *Helianthus tuberosus* L., during growth of daughter plants. J. Expl. Bot. 12 : 177-187.

JENNER, C. F. 1974. Factors in the grain regulating the accumulation of starch, *In* R. L. Bieleski, A. R. Ferguson and M. M. Cresswell (eds) Mechanisms of Regulation in Plant Growth, R. Soc. N. Z. Bull. 12:901-908

JENNER, C. F and A. J. RATHJEN. 1972a. Factors limiting the supply of sucrose to the developing wheat grain. Ann. Bot. (Lond.) 36 : 729-741

JENNER, C. F and A. J. RATHJEN. 1972b. Limitations to the accumulation of starch in the developping wheat grain. Ann. Bot (Lond.) 36 :743-754.

JENNER, C. F and A J. RATHJEN. 1975. Factors regulating the accumulation of starch in ripening wheat grain. Aust J Plant Physiol. 2 :311-322

KATO, S. and Y. HOZYO 1972 Translocation of ^{14}C-photosynthates in grafts between the wild type and improved variety in *Ipomoea* Proc Crop Sci. Soc Japan 41 :496-501

KATO, S. and Y HOZYO 1974. Translocation of ^{14}C-photosynthates in several growth stages of the grafts between improved variety and wild type plants in *Ipomoea*. Bull Nat. Inst Agric. Sci. Ser. D, 25 :31-58.

KATO, S and Y HOZYO 1976 The interrelationship between translocation of ^{14}C-photosynthate and $^{15}CO_2$ exposed leaf position on the grafts of *Ipomoea* Proc. Crop Sci. Soc Japan 45 :351-356.

KATO, S. and Y HOZYO 1978 The speed and coefficient of ^{14}C-photosynthates translocation in the stem of grafts between improved variety and wild type plant in *Ipomoea*. Bull Nat. Inst Agric. Sci. Ser. D., 29 :113-131.

KATO, S Y HOZYO and K SHIMOTSUBO 1979 Translocation of ^{14}C-photosynthates from the leaves at different stages of development in *Ipomoea* grafts Jap J Crop Sci 48 :254-259

KATO, S , H KOBAYASHI, and Y HOZYO 1972. Translocation of ^{14}-photosynthates in isolated sweet potato leaves. *Ipomoea batatas* Poiret Proc Crop Sci Soc Japan 41 147-154

KAYS S J. and G W STUTTE 1979 Proximal dominance and sprout formation in sweet potato *Ipomoea batatas* (L) Lam root pieces Proc 5th Symp Intern Soc Trop Root Crops, 5pp.

KIM, Y. C 1961 Effects of thermoperiodism on tuber formation in *Ipomoea batatas* under controlled conditions. Plant Physiol 36 :680-684

KIMBER, A. J. 1970 Some cultivation techniques affecting yield response in the sweet potato. Proc. 2nd Intern. Symp. Trop. Root and Tuber Crops T. 32-36

McCORMICK, F A. 1916 Notes on the anatomy of the young tuber of *Ipomoea batatas* Lam. Bot. Gaz. 61 :388-398.

NEALES T J and L D INCOLL 1968 The control of leaf photosynthesis rate by the level of assimilate concentration in the leaf A review of the hypothesis Bot Rev 34 :107-125.

NEEL, P L and R W HARRIS 1971 Motion-induced inhibition of elongation and induction of dormancy in *Liquidamber*. Science 173 :58-59.

ONWUEME, I. C 1978 The tropical tuber crops. John Wiley and Sons, New York 234 pp

PETERSON, L. E 1961 The varietal response of sweet potatoes to changing levels of irrigation, fertilizer and plant spacing Proc Amer Soc Hort Sci 77 :452-457.

RUBEN S., W. Z. HSSID, and M. D. KAMEN. 1939. Radioactive carbon in the study of photosynthesis. J. Amer. Chem. 61 : 661-663.

RUBEN, S. and M. D. KAMEN. 1940. Photosynthesis with radioactive carbon. IV. Molecular weight of the intermediate products and a tentative theory of photosynthesis. J. Amer. Chem. 62 : 3451-3455.

RUSSELL, G. and J. GRACE. 1978. The effect of wind on grasses. V. Leaf extension, diffusive conductance, and photsynthesis in the wind tunnel. J. Expl. Bot. 29 : 1249-1258.

SAKR, E. S. M. 1943. Effect of temperature on yield of the sweet potato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 42 : 517-518.

SAMUELS, G. 1967. The influence of fertilizer ratios on sweet potato yields and quality. Proc. Intern. Symp. Trop. Root Crops 1 (II) : 86-93.

SCHLIMME, D. V. 1966. Anatomical and physiological aspects of sprout initiation and development in sweet potato storage roots. Diss. Abstracts 26(9) : 4947.

SCOTT, L. E. 1950. Potassium uptake by the sweet potato plant. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56 : 248-252.

SEKIOKA, H. 1970. The effect of temperature on the translocation and accumulation of carbohydrates in sweet potato. Proc. 2nd Intern. Symp. Trop. Root and Tuber Crops 1 : 37-40.

SPENCE, J. A. and N. AHMAD. 1967. Plant nutrient deficiencies and related tissue composition of the sweet potato. Agron. J. 59 : 59-62.

SPENCE, J. A. and E. C. HUMPRIES. 1972. Effect of moisture supply, root temperature, and growth regulators on photosynthesis of isolated rooted leaves of sweet potato *(Ipomoea batatas)*. Ann. Bot. 36 : 115-121.

STINO, K. R. and M. E. LASHIN. 1953. Effect of fertilizers on the yield and vegetative growth of sweet potatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 367-372.

TAKATORI, F. H. and D. C. PURNELL. 1961. Influence of seed piece, size and cutting on the production of sweet potato shoots. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77 : 473-478.

TSUNO, Y. 1970. Dry matter production of sweet potatoes and yield increasing technics. Fertilite 38 : 3-21.

TSUNO, Y. nd. Sweet potato nutrient physiology and cultivation. Intern. Potash Inst., Berne, Switzerland. 73 pp.

TSUNO, Y. and FUJISE. 1965. Studies on the dry matter production of the sweet potato. VIII. The internal factors influence on photosynthetic activity of sweet potato leaf. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 33 : 230-235.

WARDLAW. I. F. 1968. The control and pattern of movement of carbohydrates in plants. Bot. Rev. 34 : 79-105.

WATANABE, K., K. OZAKI, and T. YASHIKI. 1968. Studies on the effects of soil physical conditions on the growth and yield of crop plants : VII. Effect of soil air composition and soil bulk density and their interaction on the growth of sweet potatc. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 37 : 65-69.

WILSON, L. A. 1967. The us of rooted leaves and grafted plants for the study of carbohydrate metabolism in sweet potato. Proc. Intern. Symp. Trop. Root Crops 1(II) : 46-57.

WILSON, L. A. 1970. The process of tuberization in sweet potato *Ipomoea batatas* (L) Lam. Proc. 2nd Intern. Symp. Trop. Root and Tuber Crops 1 : 24-26.

WILSON, L. A. and S. B. LOWE. 1973. The anatomy of the root system in West Indian sweet potato *Ipomoea batatas* (L) cultivars. Ann. Bot. (London) NS 37 : 633-643.

LES CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION DE MATIERES SECHES ET DU RENDEMENT CHEZ LA PATATE DOUCE DANS LES CONDITIONS DE CULTURE EN CHAMP

W. AGATA
Faculté d'Agriculture, Université de Kyushu, Hakozaki, Higashi-Ku, Fukuoka 812, Japon.

INTRODUCTION

La patate douce est, de toutes les plantes utiles du Japon, celle qui fournit le plus de calories par unité de surface et elle constitue une culture vivrière très importante depuis le XVIIIème siècle. Depuis peu, cette culture apparaît très prometteuse comme matière première industrielle, particulièrement en ce qui concerne l'énergie de la biomasse. Compte tenu de l'importance de cette culture, une recherche importante sur les méthodes culturales a été menée dans ce pays depuis la période Meiji, mais peu de travaux ont été réalisés du point de vue de la production de matière (Boysen-Jensen 1932). Ce sont Tsuno et Fujise (1965) qui ont conduit les premières études axées sur la production de matière et ils ont également jeté les bases théoriques de la culture de la patate douce. Cependant, leurs études n'ont pas éclairci le bilan du CO_2 au champ, ni les relations entre les facteurs climatiques et la production de matière pendant la croissance.

Cette étude a été réalisée en vue de définir avec clarté les caractéristiques de la matière sèche et du rendement, liées aux facteurs climatiques pendant toute la période de croissance, en se basant sur l'analyse de la croissance et sur l'étude du bilan du CO_2, dans les conditions de culture en champ.

MATERIELS ET METHODE

Les boutures de pépinière de patate douce (*Ipomoea batatas*, cultivar Koganesengan) utilisées dans cette étude provenaient de la Station Expérimentale Nationale d'Agriculture de Kyushu, Kumanoto, Japon. Le cultivar est recommandé au Japon pour l'alimentation et comme matière première industrielle. Les plants ont été cultivés dans un champ situé à l'intérieur du campus de l'Université de Kyushu dans des conditions de culture standard du 11 juin 1979 (date de la plantation) au 14 novembre 1979 (date de récolte).

Une fumure uniforme NPK de 6,6 et 19 kg/ha a été appliquée dix jours avant la plantation. La densité de plantation était de 4 938 plants/ha (un plant 45 cm × 45 cm). La parcelle expérimentale couvrait environ 0,8 ha. Du mois d'août au mois de septembre, de nombreuses opérations d'irrigation ont été pratiquées pour réduire le stress hydrique. Au cours de la période de croissance, des échantillons ont été prélevés à dix reprises à environ deux semaines d'intervalle. Chaque fois, trois parcelles étaient échantillonnées. Les échantillons étaient prélevés d'une parcelle de 90 cm × 90 cm et au hasard. Après le prélèvement, la surface foliaire était mesurée, ainsi que le poids sec après séchage dans un four à air pulsé pendant plus de 48 heures à 80°C.

L'analyse de la croissance a été effectuée suivant la méthode Watson (1952). En se basant sur les résultats des mesures de surface foliaire et de poids sec faites à chaque prélèvement, on a

calculé le taux de croissance de la plante (TCP), le taux d'assimilation net (TAN), le taux de croissance de la plante maximum (TCP max) et l'indice de surface foliaire optimum (ISF opt).

L'échange de CO_2 de la population a été mesuré six fois en utilisant un système de chambre d'assimilation ouverte, dans les conditions de culture en champ pendant toute la croissance. La chambre d'assimilation était construite en résine acrylique transparente et mesurait 45 × 45 × 40 cm. Elle était montée sur un cadre métallique reposant sur des pieds et la terre était butée autour de la base du cadre.

La température à l'intérieur de la chambre était ajustée en réglant l'écoulement de l'eau froide, versée de façon continue sur la chambre. Chaque fois que la concentration de CO_2 baissait dans la chambre, elle était relevée à moins de 20 % du niveau atmosphérique ordinaire par pompage d'air à l'intérieur de la chambre à l'aide d'un compresseur. L'intensité lumineuse dans la chambre était réglée en couvrant celle-ci d'un certain nombre de couches de gaze. La respiration à l'obscurité, dans les conditions de culture en champ, était mesurée en couvrant la chambre de tissu à rideau de teinte sombre.

Les taux de photosynthèse ont été exprimés sous forme de taux photosynthétiques bruts (g poids sec m^{-2} h^{-1}) qui comprend les taux de respiration à l'obscurité et les taux photosynthétiques apparents, tous mesurés dans les conditions de culture en champ. La respiration à l'obscurité de chaque organe de la plante a aussi été mesurée périodiquement, en utilisant la méthode de la chambre à 25 ± 0,5°C. Toutes les analyses de CO_2 ont été faites à l'aide d'un analyseur de gaz à infra-rouge. Un facteur de 0,61 a été utilisé pour la conversion du CO_2 en matière sèche.

L'efficience de l'utilisation de la radiation solaire (Eu) traduit le rapport de l'énergie fixée calculée à raison de 3,75 kcal/g de matière sèche par rapport à la quantité totale de radiation incidente (Monteith 1966). Toutes les données climatiques, comme la température, la radiation solaire et les précipitations pendant la période de croissance ont été fournies par la Station d'Observation Météorologique de Fukuoka à Fukuoka City.

RESULTATS ET DISCUSSION

Conditions générales de climat et de croissance

La température moyenne de l'air, la radiation solaire journalière moyenne et les précipitations de chaque période de croissance du 11 juin au 14 novembre 1979, sont données dans le Tableau 1. Les valeurs moyennes de la température et de la radiation solaire pendant toute la période de croissance étaient de 24,2 ± 3,6°C et 319 ± 85 cal/m^2/jour, respectivement. La température et la radiation solaire tendaient toutes deux à augmenter jusqu'à fin juillet, puis à décroître jusqu'en novembre. Toutefois, ce qui concerne la radiation, des fluctuations apparaissaient surtout au cours de la seconde moitié de cette période. Les précipitations différaient à chaque période de croissance. D'une manière générale, les conditions climatiques de 1979 étaient tout à fait favorables à la croissance de la patate douce, et les rendements furent élevés.

Poids sec total des racines et des racines tubéreuses

Les changements survenus avec le temps dans le poids sec total et le poids sec des racines tubéreuses sont indiqués à la Figure 1. Le poids sec total montrait une courbe de croissance sigmoïde qui est également typique chez d'autre plantes. La valeur la plus élevée, à la récolte, était de 2 047 g/m^2. La formation de la racine tubéreuse commençait au 30-35ème jour après la plantation.

et son poids sec augmentait presque linéairement jusqu'à la récolte. Le rendement à la récolte était de 1754 g m² et le rapport rendement poids sec total (indice de récolte) était de 84,6 %. Cette valeur était plus grande que celles obtenue par Tsuno et Fujise (1965). Une période de croissance plus longue et des conditions climatiques plus favorables dans cette expérience pourraient en être la raison.

Tableau 1. Température journalière moyenne, radiation solaire journalière moyenne et précipitations de chaque période de croissance de la patate douce (1979 à Fukuoka)

Période de croissance	Température moyenne (°C)	Radiation solaire moyenne (cal/cm²/jour)	Précipitations (mm)
[illegible]	24.5	251	127
[illegible]	24.5	244	497
[illegible]	25.4	366	95
[illegible]	29.6	501	7
[illegible]	28.2	422	66
[illegible]	26.7	330	68
[illegible]	21.5	407	44
[illegible]	23.2	296	6
[illegible]	18.8	329	99
[illegible]	16.7	226	27
Moyenne	24.2 ± 3.5	399 ± 85	–

Indice de surface foliaire

Les changements de l'indice de surface foliaire (ISF) avec le temps sont aussi indiqués à la Figure 1. Après la plantation, l'ISF augmentait rapidement jusque début août, et ensuite diminuait graduellement jusqu'en novembre. Mais l'ISF se maintenait au-dessus de 4,0 durant la seconde moitié de la période de croissance.

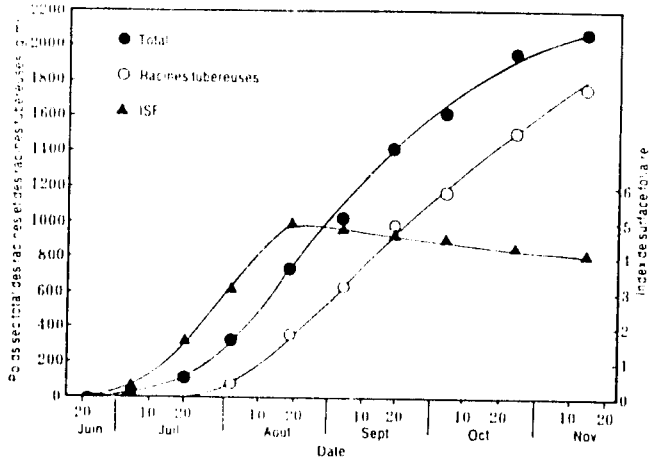


Figure 1. Changements survenus avec le temps du poids sec total, du poids sec des racines tubéreuses (rendement) et de l'indice de surface foliaire (ISF) de la patate douce dans les conditions de culture en champ.

Analyse de la croissance

L'analyse de la croissance a été réalisée en se basant sur les chiffres de poids sec total et de l'ISF donnés à la Figure 1. Les résultats sont présentés à la Figure 2.

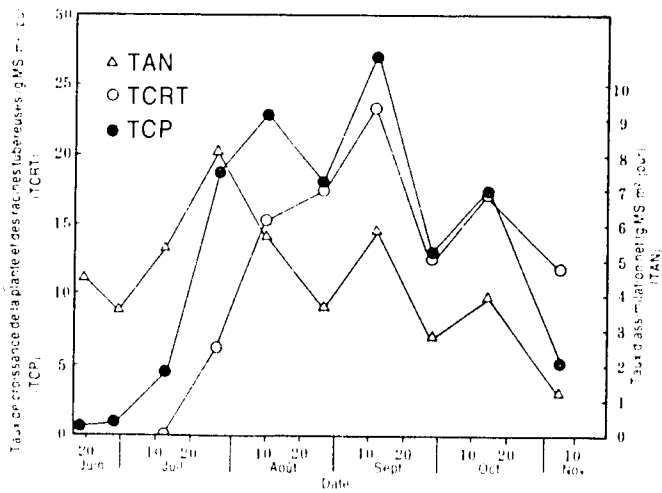


Figure 2. Changements survenus avec le temps du taux de croissance de la plante (TCP), du taux net d'assimilation (TNA) et du taux de croissance des racines tubéreuses (TCR) de la patate douce dans les conditions de culture en champ (g poids sec m² jour).

Le TCP augmentait de façon exponentielle jusque début août, suivant une courbe similaire à celle de l'ISF. Ensuite, le TCP variait irrégulièrement jusqu'en novembre. Les pics du TCP se situaient en septembre et en octobre. Par ailleurs, le TNA, qui est une composante du TCP, atteignait un pic à la fin juillet. Par conséquent, il suivait une courbe similaire à celle du TCP jusqu'à la récolte.

Les variations du TCP, de l'ISF et du TNA au cours de la période de croissance font supposer que le TCP, avant et après le début du mois d'août, dépend principalement de l'ISF et du TNA, respectivement. C'est pourquoi, la recherche d'une corrélation entre le TCP et le TNA et l'ISF, pendant la première moitié de la période étudiée (avant début août), et pendant l'autre moitié, a été réalisée. Comme le montre le Tableau 2, le TCP était hautement corrélé à l'ISF la première moitié de la période, mais pas au TNA. Par ailleurs, durant l'autre moitié de la période, le TCP était fortement corrélé au TNA uniquement. Des résultats semblables ont été trouvés chez beaucoup de populations végétales (Takeda 1961 ; Murata 1961 ; Tsuno et Fujise 1965).

Tableau 2. Coefficients de corrélation du taux de croissance de la plante (TCP) avec l'indice de surface foliaire (ISF) et le taux net d'assimilation (TNA) dans la première moitié de la période de croissance et dans la seconde moitié de la période de croissance

	Première moitié de la période		Seconde moitié de la période	
	ISF	TNA	ISF	TNA
TCP	0.98**	0.61	0,72	0,99**

** Significatif au niveau 1 %

Etant donné que la courbe ISF-TCP est typique de la production de matières sèches par les plantes en champ, la relation entre l'ISF et le TCP a été analysée. La relation très étroite suivante a été dégagée :

$$Y = -1{,}188x^2 + 9{,}505x - 0{,}925 \ (r = 0{,}778^{**})$$

D'après cette régression curvilinéraire, on a calculé que le TCP max et l'ISF opt étaient de 23,5 g/m² jour et de 4,0 respectivement. Ces valeurs étaient un peu plus élevées que celles rapportées par Tsuno et Fujise (1965).

Pour préciser l'action de l'ISF et du TNA sur le TCP pendant la première et la seconde moitié de la période, il s'est avéré nécessaire de conduire l'analyse en tenant compte des facteurs climatiques. La température moyenne et la radiation solaire sont considérées comme les facteurs climatiques principaux affectant le TCP. Les résultats de ces analyses sont donnés au Tableau 3.

Tableau 3. Coefficients de corrélation du taux de croissance de la plante (TCP), de l'indice de surface foliaire (ISF) et du taux net d'assimilation (TNA), avec les facteurs climatiques pendant la première moitié de la période de croissance et pendant la seconde moitié de la période de croissance

	Première moitié de la période		Seconde moitié de la période	
	Température moyenne	Radiation solaire moyenne	Température moyenne	Radiation solaire moyenne
TCP	0.95*	0.85	0.66	1.00**
ISF	0.88*	0.76	0.98**	0.71
TNA	0.75	0.92*	0.62	1.00*

* Significatif au seuil 5%.
** Significatif au seuil 1%.

Lors de la première moitié de la période, le TCP était plus fortement corrélé à la température qu'à la radiation solaire. Cependant, pendant la seconde moitié de la période, le TCP ne montrait une corrélation hautement significative qu'avec la radiation solaire. De plus, pendant la première moitié de la période, l'ISF était fortement corrélé avec la température, et le TAN avec la radiation solaire pendant la seconde moitié. Ces résultats montrent que le TCP, pendant la première moitié et la seconde moitié de la période, dépend étroitement des relations entre la température et l'ISF et entre la radiation solaire et le TNA, respectivement.

Tableau 4. Coefficients de corrélation entre le taux de croissance de la racine tubéreuse (TCR) et les facteurs climatiques et les paramètres de croissance

	Facteurs climatiques		Paramètres de croissance		
	Température moyenne	Radiation solaire moyenne	TCP	ISF	TNA
TCR	0.52	0.94*	0.95*	0.56	0.95*

** Significatif au seuil 1%.

Relation entre le taux de croissance de la racine tubéreuse et les paramètres de croissance

Dans le cas de la patate douce, la production de la racine tubéreuse est égale au rendement. De ce fait, le taux de croissance de la racine tubéreuse (TCR) est un des paramètres de croissance les plus importants. Comme la Figure 2 le montre, la variation du TCR pendant la période de croissance était similaire à celle du TCP. Cependant, la différence entre le TCP et le TCR s'amenuisait

de plus en plus après le mois d'août, et le TCR dépassait le TCP après la mi-octobre. Ceci traduit la translocation de matière d'autres organes vers la racine tubéreuse.

Le tableau donne le coefficient de corrélation du TCR avec les facteurs climatiques et les paramètres de croissance. Il est manifeste que le TCR est plus fortement corrélé avec le TCP et le TNA qu'avec l'ISF, et est étroitement corrélé à la radiation solaire. Ces résultats indiquent que le TCR est fortement influencé par la radiation solaire par le biais du TNA et du TCP lorsque l'ISF est au-dessus de sa valeur optimum.

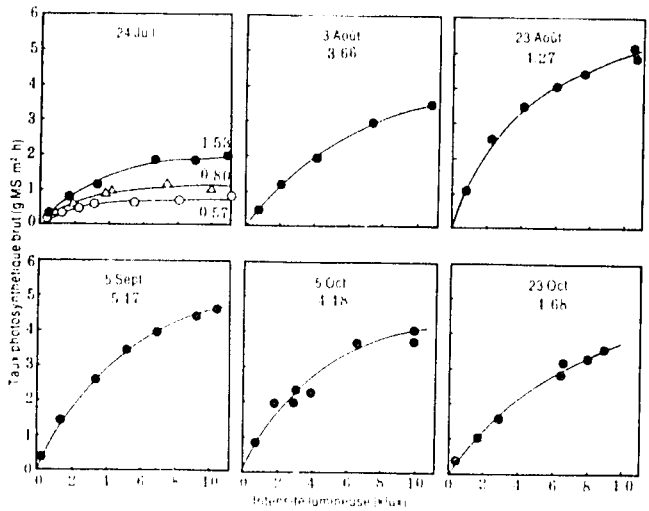


Figure 3. Courbe du taux photosynthétique brut (g Ps m² h) — intensité lumineuse (k lux), à différents stades de la croissance de la patate douce dans les conditions de culture en champ (les chiffres sont les valeurs de l'ISF).

Photosynthèse d'une population de plants

La Figure 3 montre les relations entre l'intensité lumineuse et le taux photosynthétique brut, mesurées à chaque période de croissance.

Sous une forte intensité lumineuse, le taux photosynthétique brut augmentait rapidement, proportionnellement à l'augmentation de l'ISF, du 24 juillet au 23 août, et il diminuait ensuite graduellement jusqu'au 23 octobre en dépit du fait que l'ISF était supérieur à 4,0. Le 23 août, la plus haute valeur du taux photosynthétique brut était de 5 g PS m² h. Cette valeur était supérieure à celles citées par Tsuno et Fujise (1965).

La réponse du taux photosynthétique brut à l'intensité lumineuse donnait une courbe saturée au stade où l'ISF était bas, mais une courbe plutôt non saturée lorsque l'ISF se situait au-dessus de 3,0. Un résultat semblable a été obtenu avec des populations d'autres plantes (Takeda 1961 ; Murata 1961 ; Shimizu et Tsuno 1957 ; Kubota *et al.* 1972).

Respiration des plants de l'obscurité

Les taux de respiration de chaque organe aux différents stades de croissance figurent au Tableau 5. Ces valeurs diffèrent pour chaque organe. La valeur relative à la feuille était la plus élevée, et elle devenait de plus en plus faible pour, dans l'ordre, le pétiole et la tige, la racine et la racine tubéreuse. Elles tendaient aussi à décroître des stades précoces aux stades tardifs de la croissance. Les taux respiratoires à l'obscurité du plant entier étaient calculés à partir du taux

respiratoire et du poids sec de chaque organe au même instant. En outre, le Q_{10} de leurs taux entre 15° C et 30° C était en moyenne d'environ 1,6.

Tableau 5. Taux respiratoires de chaque organe du plant de patate douce à différents stades de la croissance [z]

Date	Feuille	Pétiole + tamiseau	Racines tubéreuses	Racine	Plant entier
18 juil	4.49	3.36	—	5.09	4.10
4 août	4.68	3.07	2.09	2.43	3.27
18 août	5.66	2.19	1.09	1.03	2.34
3 sept	1.12	0.67	0.24	1.42	0.48
1 oct	1.38	0.66	0.20	1.27	0.48

Les valeurs correspondent à des mg CO_2 g m à 25 C

Bilan du CO_2 chez la patate douce

La photosynthèse brute (Pb) et la respiration (R) journalière à chaque stade de la croissance ont été calculées par la méthode décrite dans des rapports précédents (Agata *et al.* 1972 ; Kubota *et al.* 1972) en utilisant le taux photosynthétique brut de la Figure 3, le taux respiratoire de la plante du Tableau 5, le poids sec total de l'ISF de la Figure 1, et la température et la radiation solaire données au Tableau 1. Les résultats sont repris dans le Tableau 6.

Tableau 6. Variations dans le temps du taux de croissance de la plante (TCP), du niveau de photosynthèse brute (Pb), de la respiration (R) et de la photosynthèse nette journalière (Pn), des rapports Pn Pb, R Pb et Pn TCP et de l'efficience de l'utilisation de l'énergie solaire (Eu) basée sur Pb, Pn et TCP

Variables	11 juin 22 juin	23 juin 4 juil	5 juil 21 juil	22 juil 2 août	3 août 20 août	21 août 4 sept	5 sept 19 sept	20 sept 4 oct	5 oct 24 oct	25 oct 14 nov	Moyenne
TCP g m⁻² j⁻¹	0.45	0.71	4.88	18.59	22.91	18.13	27.13	13.21	17.63	5.19	12.88 ± 9.01
Pb g m⁻² j⁻¹	1.10	1.87	8.66	27.00	32.40	30.80	30.00	22.00	22.00	11.00	18.62 ± 11.49
R g m⁻² j⁻¹	0.66	1.01	2.93	9.07	13.09	9.82	8.33	8.20	6.81	5.91	6.59 ± 3.79
Pn g m⁻² j⁻¹	0.44	0.86	5.61	17.93	19.31	20.98	21.67	13.80	15.19	5.09	12.03 ± 7.94
Pn/Pb %	40.00	46.00	62.60	66.40	59.60	68.10	72.20	62.70	69.00	46.30	59.30 ± 10.60
R/Pb %	60.00	54.00	37.40	33.60	40.40	31.90	27.80	37.30	31.00	53.70	40.70 ± 10.70
Pn/TCP %	97.80	121.10	102.70	96.40	84.30	115.70	79.90	104.50	86.20	98.00	97.70 ± 12.60
Eu de Pb %	0.16	0.23	0.76	2.02	2.88	3.50	2.76	2.79	2.51	1.83	1.95 ± 1.11
Eu de Pn %	0.07	0.13	0.49	1.34	1.72	2.38	2.00	1.75	1.73	0.84	1.25 ± 0.77
Eu de TCP %	0.07	0.11	0.47	1.39	2.04	2.06	2.50	1.67	2.01	0.86	1.35 ± 0.85

On observe que Pb augmentait du stade précoce au milieu de la croissance. A la mi-août, la valeur maximum était de 32,41 g m^{-2} jour. Ensuite, elle diminue graduellement jusqu'en novembre. R montre également une variation saisonnière similaire à celle de Pb. L'augmentation de R pendant la première moitié de la période dépend de l'augmentation de l'ISF et de la température de l'air. Par ailleurs, la diminution de R durant la seconde moitié de la période est corrélée avec l'augmentation du rapport du poids des racines tubéreuses sur le poids sec total et avec la diminution de la température de l'air.

La production nette (Pn), déterminée en soustrayant R de Pb, montre jusqu'à la mi-septembre, une tendance à l'accroissement pour diminuer ensuite graduellement jusqu'à la récolte. Le comportement de Pn est plus proche de celui de Pb que de celui de P. Ceci signifie que Pn dépend principalement de Pb. En réalité, le rapport de Pn à Pb est supérieur à celui de R à Pb, puisque leur rapport moyen pendant toute la période de croissance est de 59,3 ± 10,6 et 40,7 ± 10,7, respecti-

vement. Toutefois, les deux valeurs diffèrent à chaque période de croissance. Un rapport R/Pb de 30-40 % au milieu de la période de croissance concorde bien avec les chiffres de Tsuno et de Fujise (1965), mais il faut remarquer que le rapport R/Pb varie en fonction de la période de croissance.

Pendant cette expérimentation, la valeur moyenne du rapport de Pn à TCP était de 98,6 ± 12,5 %. Ce rapport signifie que les méthode de mesure de la photosynthèse et de la respiration sont adaptées à l'analyse de la production de matières sèches par la patate douce dans les conditions de culture en champ.

Efficience de l'utilisation de l'énergie solaire

Les valeurs de l'efficience de l'utilisation de l'énergie solaire (Eu) basées sur Pb, Pn et TCP figurent également au Tableau 6.

La valeur moyenne de Eu, basée sur Pb, est d'environ 1,95 % pendant toute la croissance, mais elle varie selon les stades atteints par ce[illegible] tend à augmenter avec l'ISF, atteignant une valeur maximum (3,5 %) à la fin août. Elle d[illegible] ellement jusqu'en novembre. Les valeurs de Eu, basées sur Pn, ont à peu près la même [illegible] que Pn et leur moyenne est de 1,35 %.

D'après le rapport du JIBP (Kanda 1976), l'Eu moyenne du riz, du soja, du maïs et de la betterave à sucre, basée sur le TCP pendant la croissance, est respectivement de 1,25 %, 0,72 %, 1,34 % et 1,34 %. Ainsi, l'Eu de 1,35 % de la patate douce dans cette expérimentation se situe près du maïs et de la betterave à sucre et au-dessus du soja, bien qu'il ait le même type de feuille. Les facteurs suivants peuvent expliquer ce phénomène :

a) l'effet de puits sur la photosynthèse des plantes à racines est élevé ;

b) la période de production des plantes à racine est très longue.

REMERCIEMENTS

L'auteur souhaite remercier le Dr T. Takeda de la Faculté d'Agriculture de l'Université de Kyushu pour ses précieuses suggestions, et le Dr T. Sakamoto, de la Station Nationale Expérimentale d'Agriculture de Kyushu de lui avoir fourni les patates douces de sa collection.

BIBLIOGRAPHIE

AGATA, W., F. KUBOTA and E. KAMATA. 1972. Dry matter production of forage plants. 6. Examination of the chamber method for measurement of photosynthesis in forage plant population. (In Japanese with English summary) J. Japan. Grassl. Sci. 18 : 283-291.

BOYSEN-JENSEN, P. 1932. Die Stoffproduktion der Pflanzen. Fisher, Jend.

KANDA, K. 1975. Efficiency for solar energy utilization. In JIBP Synthesis Y. Murata (ed), University of Tokyo Press, p. 187-198.

KUBOTA, [illegible], W. AGATA and E. KAMATA. 1972. Dry matter production of forage plants. 7. Examination of the application of the equations for calculating the amount of dry matter production. (In Japanese with English summary) J. Japan. Grassl. Sci. 18 : 292-298.

MONTEITH, J. L. 1966. The photosynthesis and transpiration of crops. Expl. Agric. 2 : 1-14.

MURATA, Y. 1961. Studies on the photosynthesis of rice plants and its culture significance. (In Japanese with English summary). Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. D9 : 1-107.

SHIMIZU, T. and Y. TSUNO. 1957. Studies on yield forecast in main crops. 2. Photosynthesis of wheat and nadked barley under field conditions. (In Japanese with English summary). Proc. Crop Sci. Soc. Japan 26 : 100-102.

TAKEDA, T. 1961. Studies on the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. Japanese J. Bot. 17 : 403-437.

TSUNO, Y. and FUJISE. 1965. Studies on the dry matter production of sweet potato. (In Japanese with English summary). Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. D13 : 1-131.

WATSON, D. J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Advances in Agronomy 4 : 101-145.

Graines semées après pollinisation manuelle

L'ACTIVITE PHOTOSYNTHETIQUE ET LA RESISTANCE A LA DIFFUSION DE L'ANHYDRIDE CARBONIQUE, FACTEURS DE PRODUCTION DES PLANTS DE PATATE DOUCE

Y. HOZYO
Institut National des Sciences Agronomiques, Kannondai, Yatabe, Ibaraki, Japon.

INTRODUCTION

L'activité photosynthétique et la résistance du limbe foliaire à la diffusion de l'anhydride carbonique conditionnent la production de matières sèches par les plants de patates douces. Les mesures d'entrée d'anhybride carbonique et d'émission de vapeur d'eau indiquent que la résistance à la diffusion d'anhydride carbonique pour son transfert dans la feuille est un processus à taux limitant pour la photosynthèse qui se produit dans des conditions d'irradiation saturante et de concentrations en anhydride carbonique normales.

L'objectif de ce travail était de préciser les caractères photosynthétiques et la résistance à la diffusion de l'anhydride carbonique dans son transfert dans la feuille, et d'estimer leur influence relative comme processus limitants dans la croissance des racines tubéreuses des plants de patate douce.

METHODES EXPERIMENTALES

L'activité photosynthétique et le taux de transpiration du limbe foliaire ont été mesurés dans une chambre de photosynthèse foliaire et les plants cultivés dans un cabinet de croissance à aération contrôlée et conditionnée (Hozyo et Kato 1978). Chaque mesure était effectuée à 25° C et à 50° C d'humidité relative. Des lampes Yoko et incandescentes fournissaient la lumière. La résistance à la diffusion de l'anhydride carbonique a été calculée d'après Lamoreax et Chaney (1978). La consommation en anhydride carbonique a été mesurée grâce à un analyseur de gaz à infra-rouge et l'émission de vapeur d'eau à l'aide d'un analyseur de vapeur d'eau à infra-rouge. La température à la surface de la feuille inférieure a été mesurée à l'aide d'un thermocouple à cuivre-constantan. L'intensité lumineuse saturante de la photosynthèse déterminée à la surface d'un limbe foliaire intact était d'environ 35 klx (Figure 1).

RESULTATS ET DISCUSSION

On a constaté que l'activité photosynthétique du limbe foliaire était élevée lors des premiers stades de la croissance et déclinait graduellement à mesure du vieillissement de la feuille. L'activité photosynthétique était de 30-35 mg $CO_2 \cdot dm^2 \cdot h$ au début de la croissance de la racine tubéreuse, et de 20-25 mg $CO_2 \cdot dm^2 \cdot h$ au stade final de la croissance (Figure 2) (Hozyo *et al.* 1979, 1980).

On a également remarqué qu'une augmentation de la concentration d'anhydride carbonique de l'atmosphère stimulait l'activité photosynthétique du limbe foliaire. Le limbe foliaire soumis à une

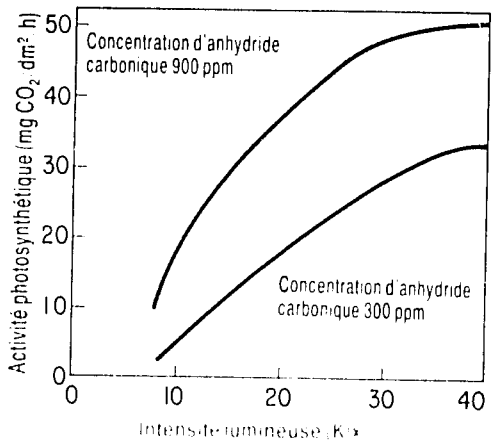


Figure 1. Relation entre l'intensité lumineuse et l'activité photosynthétique. Mesures effectuées dans les conditions suivantes: température à 25°C, 50°C. Variété: Okinawa 100. La cinquième feuille a été utilisée pour la mesure et la position de la feuille est numérotée à partir du limbe foliaire déployé au sommet.

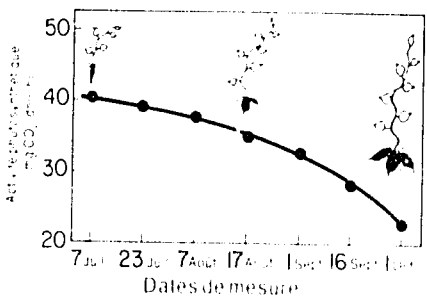


Figure 2. Variations de l'activité photosynthétique du limbe foliaire.

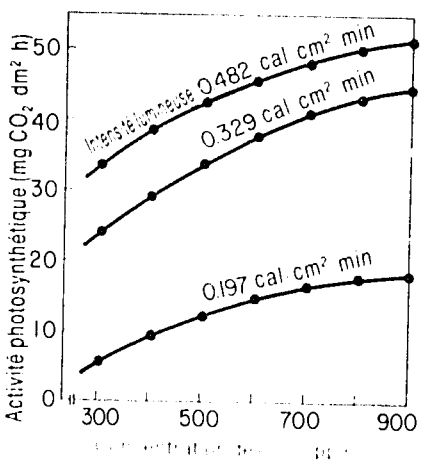


Figure 3. Relation entre la consommation d'anhydride carbonique et l'activité photosynthétique.

concentration atmosphérique d'anhydride carbonique de 800-900 ppm est capable de l'absorber 1,5 à 2 fois plus rapidement qu'à la concentration normale de 300 ppm (Figure 3, Hozyo et Kato 1976).

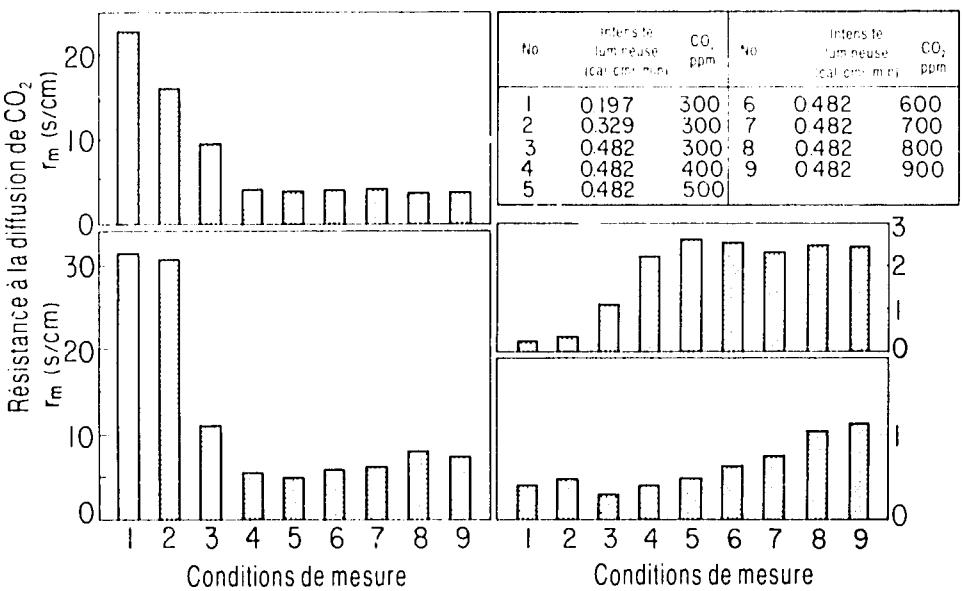
La résistance mésophyllique et stomatique augmentait avec l'âge de la feuille. L'activité photosynthétique et le taux de transpiration décroissaient au même rythme durant la période pendant laquelle la résistance totale de la feuille à la diffusion de l'anhydride carbonique augmentait.

La résistance stomatique s'est avérée plus faible que la résistance mésophyllique dans toutes les conditions auxquelles les mesures furent effectuées (Figure 4). Le renforcement de la résistance stomatique agissait plus sur la transpiration que sur la photosynthèse, ainsi que l'attente l'augmentation du rapport de la photosynthèse à la transpiration.

La concentration intercellulaire en anhydride carbonique est restée constante, ce qui laissait supposer que l'ouverture stomatique et la carboxylation imposaient une certaine limitation de la photosynthèse.

Parmi les résistances existant dans le limbe foliaire, la résistance au transfert de l'anhydride carbonique de la phase liquide au travers de la paroi cellulaire et du cytoplasme des cellules du mésophylle jusqu'aux endroits de carboxylation semble être de toute première importance, à en juger par sa valeur qui est habituellement plus élevée que celle des résistances stomatiques (Catsky *et al.* 1976 ; Goudriaan et Laar 1978 ; Friedrich et Huffaker 1980).

Il a été établi que la résistance stomatique restait constante lorsque la concentration d'anhydride carbonique variait dans les limites de 300-900 ppm. L'augmentation de la résistance stomatique à l'anhydride carbonique n'était pas induite en même temps que l'augmentation de sa concentration.



No	Intensité lumineuse (cal cm⁻² min⁻¹)	CO_2 ppm	No	Intensité lumineuse (cal cm⁻² min⁻¹)	CO_2 ppm
1	0.197	300	6	0.482	600
2	0.329	300	7	0.482	700
3	0.482	300	8	0.482	800
4	0.482	400	9	0.482	900
5	0.482	500			

Figure 4. Variation des paramètres dans les échanges d'anhydride carbonique et de vapeur d'eau à différentes concentrations d'anhydride carbonique allant de 300 à 900 ppm

La corrélation entre l'activité photosynthétique et la croissance de la racine tubéreuse a été étudiée en greffant des plants avec des variétés cultivées et des souches sauvages de patate douce. Des valeurs élevées de production totale par plant ont été obtenues chez les greffes où la croissance de la racine tubéreuse était supérieure (Figures 5, 6). L'activité photosynthétique du limbe foliaire était favorisée lorsque le cultivar était utilisé comme porte-greffe. L'activité photosynthétique était meilleure chez les greffes de grandes racines tubéreuses que chez les greffes de petites racines tubéreuses (Figures 7, 8). Une relation étroite fut par conséquent trouvée entre l'activité photosynthétique et la croissance de la racine tubéreuse (Hozyo et Park 1971 ; Hozyo et Kato 1973, 1976). La résistance du mésophylle et la résistance stomatique augmentaient lorsque

les plants sauvages étaient utilisés comme porte-greffes et le taux d'augmentation de la résistance du mésophylle était associé à l'âge des greffes (Hozyo *et al.* 1979, 1980).

Malgré le ralentissement de la photosynthèse, la concentration des sucres solubles et de l'amidon s'élevait considérablement chez les greffes utilisant des plants sauvages comme porte-greffes (Hozyo *et al.* 1979, 1980).

Il est possible que le grossissement des racines tubéreuses influence à la fois la résistance à la diffusion de l'anhydride carbonique et la régulation de la carbxylation.

Il semble donc qu'un certain phénomène métabolique tel que l'accumulation de sucres puisse induire une réaction inhibitrice de la photosynthèse, et que l'action, sur le limbe foliaire, de substances de croissance endogènes des racines tubéreuses, agisse sur la photosynthèse (Hozyo 19[illegible]).

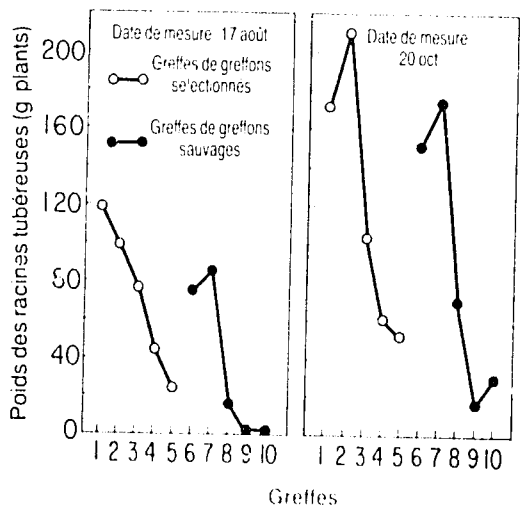


Figure 5. Variations du poids des racines tubéreuses (PS) chez les greffes (Hozyo *et al.* 1980).

N° de greffe	Stock	N° de greffe	Stock
1,6	Cultivar-1	4,9	Hybride interspécifique
2,7	Cultivar-2	5,10	Variété sauvage
3,8	Cultivar hybride interspécifique		

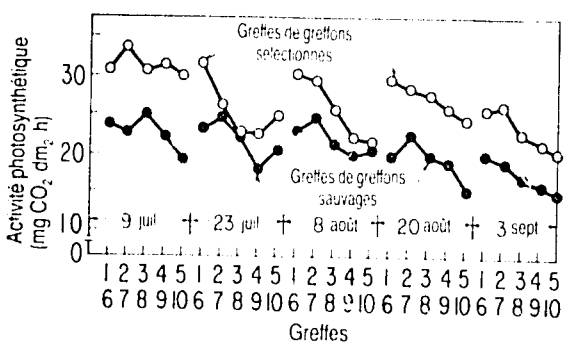


Figure 6. Relation entre l'activité de la photosynthèse et la croissance des racines tubéreuses (Hozyo *et al.* 1980). Les numéros des greffes sont les mêmes qu'à la Figure 5.

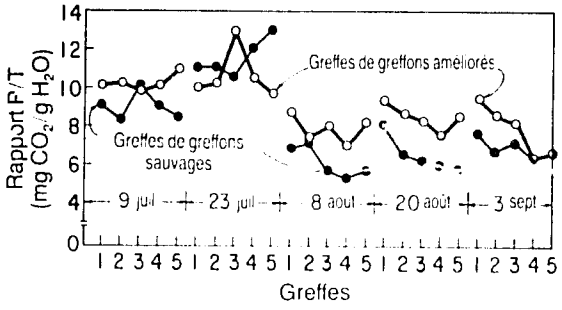


Figure 7. Variations du rapport photosynthèse transpiration des greffes (Hozyo *et al.* 1980). (mg CO_2/ gH_2O)

N° de greffe	Stock	N° de greffe	Stock
1,6	Cultivar -1	4,9	Hybride interspécifique
2,7	Cultivar -2	5,10	Sauvage
3,8	Cultivar hybride interspécifique		

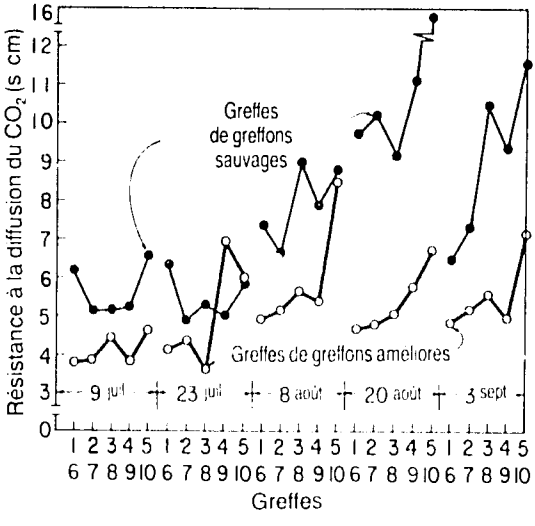


Figure 8. Relation entre les résistances à la diffusion de l'anhydride carbonique et la croissance des racines tubéreuses (Hozyo *et al.* 1980).
Les numéros des greffes sont les mêmes qu à la figure 5.

Il est suggéré que le maintien d'une activité photosynthétique élevée et la longévité du limbe foliaire peuvent être des facteurs importants pour l'obtention de rendements élevés chez la patate douce.

BIBLIOGRAPHIE

CATSKY, J., I. TICHA and J. SOLAROVA. 1976. Ontogenetic changes in the internal limitations to bean leaf photosynthesis. 1. Carbon dioxide exchange and conductances for carbon dioxide transfer. Photosynthetica 10 : 394-402.

FRIEDRICH, J. W. and R. C. HUFFAKER. 1980. Photosynthesis, leaf resistances, and ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase degradation in senescing barley leaves. Plant Physiol. 65 : 1103-1107.

GOUDRIAAN, J. and H. H. van Laar. 1978. Relations between leaf resistance, CO_2-assimilation in maize, beans, lalang grass and sunflower. Photosynthetica 12 : 242-249.

HOZYO, Y. 1973. The callus formation on tissue explant derived from tuberous roots of sweet potato plants, *Ipomoeabatatas* Poiret. (In Japanese with English summary). Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Ser., D24 : 1-33.

HOZYO, Y. and S. KATO. 1973. The plant production of wild type plants in *Ipomoea trifida* (HBK) Dcn. (In Japanese with English summary). Bull. Nat. Inst. Agric. Sci., Ser. D24 : 35-60.

HOZYO, Y. and S. KATO. 1976. The interrelationship between source and sink of the grafts of wild type and improved variety of *Ipomoea*. (In Japanese with English summary). Proc. Crop Sci. Soc. Japan 45 : 117-123.

HOZYO, Y. and K. KATO. 1976. The effects of carbon dioxide concentration to the photosynthetic activity of leaf blade in *Ipomoea* grafts. (In Japanese). Crop Sci. Soc. Japan 46 (Extra Issue 1) : 107-108.

HOZYO, Y. and S. KATO. 1978. The facility for mesuring photosynthetic rate of crop plants in the controlled environment. (In Japanese with English summary). Misc. Publ. Nat. Inst. Agric. Sci., Ser. D2 : 1-29.

HOZYO, Y. and C. Y. PARK. 1971. Plant production in grafting plants between wild type and improved variety in *Ipomoea*. (In Japanese with English summary). Bull. Nat. Inst. Agric. Sci., Ser. D22 : 145-164.

HOZYO, Y., K. SHIMOTSUBO and S. KATO. 1979. The interrelationship between the photosynthetic activity of leaf blade and the thickening of tuberous root in sweet potato plants. (In Japanese). Jap. Crop. Sci. 48 (Extra issue 1) : 151-152.

HOYZO, Y., K. SHIMOTSUBO and S. KATO. 1980. The interrelatioship between the photosynthetic activity of leaf blade and carbon dioxide diffusion resistance in *Ipomoea* grafts. (In Japanese). Jap. Crop. Sci. 49 (Extra Issue 1) : 107-108.

LAMOREAUX, R. J. and W. R. CHANEY. 1978. The effect of calcium on net photosynthesis, transpiration, and dark respiration of excised silver maple leaves. Physiol. Plant. 43 : 231-236.

LES HYDRATES DE CARBONE DE LA PATATE DOUCE

J. K. PALMER
Département de Science Alimentaire et de Technologie, Institut Polytechnique de Virginie et Université d'Etat, Blaksburg, Virginia 24061 Etats-Unis.

INTRODUCTION

Cette communication présente sous une forme résumée les connaissances acquises sur les hydrates de carbone de la patate douce et souligne le besoin de les compléter, notamment en ce qui concerne leur rôle dans la définition de la texture, de la flatulence et du contenu en fibres du régime alimentaire. Les références sont loin d'être complètes ; elles ne constituent que des échantillons de l'abondante littérature existante sur les hydrates de carbone de la patate douce (Rotar et Bird 1981).

COMPOSITION GENERALE DES HYDRATES DE CARBONE

D'une façon générale, les hydrates de carbone représentent 18 à 35 % du poids frais et 80 à 90 % du poids sec des patates douces. Le Tableau 1 donne des chiffres représentatifs, tirés de deux publications récentes (Sistrunk 1977 ; Reddy et Sistrunk 1980), sur les composants des hydrates de carbone de patates douces cuites.

Tableau 1. Composition approximative des hydrates de carbone de patates douces cuites (% poids frais)

Sucres totaux	13,2 ± 2,5 [Z]
Amidon	4,1 ± 0,9
Pectines	0,9 ± 0,1
Hémicellulose	0,7 ± 0,3
Cellulose	1,5 ± 0,4
Hydrates de carbone totaux	20,4 ± 3,1

Z : Moyenne ± déviation standard (n = 25) d'échantillons cuits représentant un total de 4 cultivars, 5 méthodes de cuisson, 2 tailles, broyage, conservation à long terme (7 mois) et à court terme (4-10 jours) et 2.

Le Tableau 2 donne la distribution des sucres dans le contenu total en sucre de patates douces cuites (Buescher, R. W., Université de l'Arkansas, communication personnelle).
Les chiffres des Tableaux 1 et 2 sont approximatifs sur la composition des patates douces en hydrates de carbone varie de façon considérable selon le cultivar, les méthodes de culture, de cuisson, de conservation, de traitement et de conditionnement. Il faut noter l'importance des déviations standard au Tableau 1. Dans un autre exemple, cité par Hammett et Barrentine (1961), une variété de patate douce titrait près de 16 % d'amidon, chiffre à comparer à la moyenne estimée de 4,1 % du Tableau 1. De plus, les résultats des analyses des hydrates de carbone dépendent, dans une très large mesure, de la méthode d'analyse utilisée. Les chiffres du Tableau 1 ont été obtenus par une méthode d'extraction séquentielle, mesurant les sucres des extraits par la méthode à

l'acide phénolsulfurique (Dubois *et al.* 1956) ou l'acide uronique par la méthode au Carbazol (Dietz et Rouse 1953), selon les cas. Les sucres totaux (libres) ont été extraits à l'éthanol 80 %. Une seconde portion de tissu a été traitée avec une diastase et extraite de façon séquentielle avec de l'éthanol à 80 % (sucres totaux plus amidon), l'eau et le calgon (pectines) et 1N NaOH (hémicelluloses), laissant un résidu de cellulose. Les sucres individuels du Tableau 2 ont été déterminés par chromatographie gazeuse à dérivés de trimethysilyl et les identités confirmées par chromatographie en couche mince.

Aucune donnée correspondante sur les composants des hydrates de carbone de patates non cuites n'a pu être trouvée. Onwueme (1978) citait des chiffres de 8-29 % d'amidon, 0,5-2,5 % de sucres réducteurs et de 0,5-7,5 % d'hydrates de carbone non-amidon, pour des racines de patates douces « fraîches ». Hammett et Barrentine (1961) citaient, pour des patates douces fraîchement récoltées, des teneurs d'environ 72 % d'humidité, 1,7 % de sucres, 26 % d'amidon et pas de dextrines. Après un séchage et une conservation de 60 jours, les sucres s'élevaient à 2,8 % environ et la teneur en amidon décroissait jusqu'à environ 25 %.

Tableau 2. Composition des sucres solubles de la patate douce cuite [Z]

Sucre	% du poids frais
Maltose	5,5
Sucrose	4,4
Fructose	0,9
Glucose	0,8
Raffinose	0,5
TOTAL	12,1

Z Chiffres moyens pour quatre variétés - Georgia Jet, Centennial, Jewel et Jasper.

Il est bien connu que, chez la patate douce, la plus grande partie de l'amidon est convertie, pendant la cuisson ou le conditionnement, en maltose et en dextrines (Ali et Jones 1967 ; Hammett et Barrentine 1961 ; Walter *et al.* 1975). Les dextrines sont probablement réparties entre l'amidon et les sucres totaux du Tableau 1, selon le degré de polymérisation. Walter *et al.* (1975) ont rapporté que chez plusieurs cultivars de patate douce, entre 42 et 95 % de l'amidon était converti pendant la cuisson. Entre 72 et 99 % de l'amidon converti s'accumulait sous forme de maltose, le restant s'accumulant sous forme de dextrines. Les dextrines étaient d'une longueur de chaîne indéterminée, mais étaient solubilisées à partir des solides, insolubles à 80 % d'alcool, avec 10 % d'éthanol, et déterminés comme glucose après hydrolyse par amyloglucosidase. Le contenu des patates douces en saccharose ne variait pas durant la cuisson, ce qui faisant supposer que le saccharose des patates cuites n'était pas un produit de l'hydrolyse de l'amidon (Huebscher, R. W., Université de l'Arkansas, communication personnelle). Deobald *et al.* (1971) ont établi que le taux de saccharose passait d'environ 10 % à la récolte, à 20 % pendant une conservation de 65 jours, que les patates soient traitées ou non. Cet accroissement du taux de saccharose est probablement dû à l'hydrolyse de l'amidon.

LE ROLE DES HYDRATES DE CARBONE DANS LE DEGRÉ D'ACCEPTATION DES PATATES DOUCES

La composition et les propriétés des hydrates de carbone des patates douces jouent un rôle de tout premier ordre dans la détermination du degré d'acceptation des patates douces comme aliment pour l'homme. Trois propriétés importantes — texture, production de flatulence et apport de fibres au régime alimentaire — sont discutées ci-après dans la mesure où elles sont liées à la composition des hydrates de carbone.

Texture

Du fait de la prédominance des hydrates de carbone dans les patates douces, les qualités texturales déterminantes comme la fermeté, la consistance non aqueuse, et la « sensation buccale » doivent être en grande partie fonction de la composition et des propriétés des hydrates de carbone. Une recherche considérable a été réalisée pour trouver des corrélations entre les caractères plus ou moins désirables de la texture et la composition en hydrates de carbone. Par exemple, l'amidon et les solides insolubles à l'alcool ont pu être corrélés avec la fermeté des patates douces de conserverie (Kattan et Littrelle 1963) ; la texture et la viscosité des patates douces mises en boîtes ont été corrélées avec les substances pectiques (Sistrunk 1971), la présence d'un noyau (tissu dur et non comestible des patates douces cuites, attribué au froid) a été corrélée avec le contenu de fractions d'une pectine particulière (Buescher *et al.* 1976) ; la sensation buccale ressentie après la consommation de patates douces cuites a été corrélée au contenu en amidon et en dextrine (Walter *et al.* 1975), le contenu total en polysaccharides a été corrélé avec la mollesse après cuisson (Reddy et Sistrunk 1980), les diminutions de la teneur en amidon et en « protopectine » (mesurées en tant que substances pectiques solubilisées par les enzymes pectiques) ont été corrélées avec l'humidité accrue des patates douces cuites (Swingle 1966).

Plusieurs conclusions peuvent être tirées de ces travaux et d'autres études similaires. Premièrement, la présomption que les qualités texturales puissent être corrélées à la composition des hydrates de carbone est déjà considérable. Deuxièmement, la nécessité de planifier avec soin une expérimentation capable de dégager des corrélations statistiquement significatives, compte tenu de l'extrême variabilité de la composition des hydrates de carbone due au cultivar, aux pratiques culturales, aux manipulations, à la cuisson, et ainsi de suite. Troisièmement, une meilleure caractérisation chimique et physique des fractions d'hydrates de carbone permettrait sans aucun doute d'établir des corrélations plus claires et plus spécifiques avec les caractères texturaux.

La flatulence causée par les patates douces

Il semble généralement établi que l'ingestion de patates douces cause de la flatulence et que celle-ci peut être grave. Néanmoins, on n'a relevé qu'une seule référence spécifique à l'induction de flatulence par les patates douces. Dans une enquête organisée pour identifier les valeurs sociales et culturelles à l'origine de l'acceptation ou du rejet des patates douces par une communauté de Caroline du Nord (États-Unis), 14 des 100 personnes interrogées ont mentionné l'« indigestion » comme raison de leur aversion pour les patates douces (Fitzgerald 1976). C'était la raison la plus souvent invoquée et Fitsgerald était implicitement convaincu que les personnes interrogées faisaient en fait référence à la flatulence.

La flatulence est causée par les hydrates de carbone qui ne sont pas digérés dans le tractus digestif supérieur, mais que les bactéries du colon font fermenter en produisant des gaz flatulents, essentiellement H_2 et CO_2. Ce mécanisme a été établi pour d'autres aliments flatulents, notamment des légumineuses et la démonstration a été faite que les oligosaccharides raffinose, stachyose et verbascose induisaient la production de gaz flatulents (Rackis 1975). Toutefois, il y a d'autres

hydrates de carbone, chez les haricots, qui induisent ces gaz. Par exemple, Olson *et al.* (1975) ont isolé des résidus libres d'oligosaccharides chez les haricots qui provoquent de la flatulence chez les rats. De plus, lorsque ce résidu et le stachyose leur étaient donnés ensemble, on obtenait un certain effet synergique, la quantité de gaz (hydrogène) résultante étant environ deux fois supérieur à la somme des gaz produits par la consommation de chaque substance séparément. D'une façon plus générale, on a observé récemment (Salyers *et al.* 1979) que la flore bactérienne du colon pouvait digérer une grande variété de polysaccharides typiques de ceux que l'on trouve dans les parois cellulaire des plants, suggérant que virtuellement n'importe quel aliment à base de polysaccharide transitant par le colon constitue une source potentielle de gaz flatulents.

Les résultats préliminaires (Tableau 2) indiquent la présence de raffinose dans les patates douces cuites, mais à des niveaux (environ 0,5 % du poids frais) bien inférieurs à ceux trouvés pour les légumineuses. Les sojas à maturité, par exemple, contiennent environ 1 % de raffinose et 2,5 % de stachyose (Rackis 1975); les pois ailés à maturité contiennent 1-2 % de raffinose, 2-4 % de stachyose et 0,2-1 % de verbascose (Garcia et Palmer 1980). Les haricots cuits contiendraient environ la moitié de ces concentrations, toujours très supérieures aux teneurs des patates douces cuites. De tous ces résultats, il ressort que le raffinose présent dans les patates douces ne semble pas suffisamment abondant pour provoquer une flatulence significative.

Des études plus poussées sont nécessaires pour (1) établir l'importance et la gravité de la flatulence provoquée par la patate douce et (2) déterminer quel hydrate de carbone spécifique en est responsable.

Les patates douces comme source de fibres pour l'alimentation

La partie « indigeste » ou les composants fibreux des aliments végétaux a connu récemment un fort regain d'intérêt. Ce renouveau d'intérêt prend sa source dans les études épidémiologiques qui indiquent que le contenu en fibres accru du régime alimentaire réduit l'incidence d'un certain nombre de maladies chez l'homme, incluant le cancer du colon, le diabète, certaines maladies cardiaques et toutes une série de troubles digestifs.

Les fibres du régime alimentaire sont actuellement définies de façon plutôt imprécise comme comprenant les polysaccharides non amylacés des aliments d'origine végétale — les hémicelluloses, les substances pectiques et la cellulose — de même que des protéines structurelles associées et la lignine. La recherche sur les fibres alimentaires est réalisée dans deux directions principales. La première concerne la caractérisation chimique et physique précise des fibres alimentaires d'origines différentes, et vise une définition et une détermination meilleures de ce matériel. La seconde concerne les études conçues pour obtenir des preuves de laboratoire et des preuves chimiques de l'efficience des fibres alimentaires ou de certains de leurs composants dans la guérison de maladies. Il est trop tôt pour espérer obtenir des résultats définitifs, mais des progrès considérables ont été accomplis dans le domaine des caractérisations, et les résultats cliniques concernant les diabètes sont prometteurs (Reiser 1979).

Les patates douces sont une source potentielle importante de fibres alimentaires (Tableau 1) et devraient faire l'objet d'études sur la composition des fibres alimentaires et sur leurs fonctions.

RECHERCHES NECESSAIRES

Toute recherche complémentaire sur le rôle des hydrates de carbone de la patate douce dans la détermination de la texture, la formation de flatulence ou comme source de fibres alimentaires, devrait être précédée (ou devrait inclure) de leur étude détaillée. La méthodologie de la détermination et de la caractérisation des hydrates de carbone a progressé à pas de géants durant les dix

dernières années. Premièrement, il est maintenant possible d'identifier sans équivoque et de quantifier rapidement les sucres élémentaires et les oligosaccharides des aliments. Deuxièmement, la structure détaillée de polysaccharides, même comlexes, peut être déterminée relativement aisément. Les rapports de Conrad et Palmer (1976), de Li *et al.* (1977), et de Valent *et al.* (1980) fournissent des exemples des dernières méthodologies analytiques. L'étude de Schweiger et de Wursch (1979) est un exemple de nouvelles méthodologies adaptées à l'analyse des fibres alimentaires.

Une fois que les hydrates de carbone de la patate douce auront été caractérisés, les études pourront se poursuivre pour élucider le rôle des différents hydrates de carbone dans la détermination de la texture ou d'autres propriétés. Cette connaissance constituera une base pour la sélection de cultivars, de pratiques culturales et ainsi de suite, qui conduisent aux qualités du produit demandées par le consommateur. Si la réduction de la flatulence était choisie comme exemple d'objectif souhaitable, l'approche serait d'identifier et de caractériser les hydrates de carbone particuliers responsables de gaz flatulents, de mettre au point des méthodes rapides de détermination des hydrates de carbone, puis d'utiliser ces méthodes pour sélectionner ou améliorer des cultivars contenant le moins possible d'hydrates de carbone indésirables. Une autre approche, qui pourrait d'ailleurs accompagner la précédente, consisterait à améliorer la culture, la conservation, les méthodes de cuisson ou de conditionnement de façon à réduire la teneur ou l'impact des hydrates de carbone générateurs de gaz flatulents. A ce niveau, la grande variabilité de la composition en hydrates de carbone de la patate douce sera un facteur positif en procurant un éventail plus large de possibilités pour une production éventuelle de patates douces d'une composition en hydrates de carbone souhaitée et par la présentant les caractères désirés.

Des études supplémentaires sur les hydrates de carbone de la patate douce sont recommandées, car elle traceront la voie pour qu'en fin de compte soit acceptée et utilisée de manière accrue cette plante de grande valeur, notamment dans les régions en développement.

BIBLIOGRAPHIE

ALI, M. K. and L. G. JONES. 1967. The effect of variety and length of storage on the carbohydrate contents and table quality of sweet potatoes. Pakistan J. Sci. Ind. Res. 10: 121-125.

BUESCHER, R. W., W. A. Sistrunk and A. E. KASAIAN. 1976. Induction of textural changes in sweet potato root by chilling. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 516-519.

CONRAD, E. C. and J. K. PALMER. 1976. Rapid analysis of carbohydrates by high-pressure liquid chromatography. Food Technol. 30: 84-92.

DEOBALD, H. J., V. C. HASLING and E. A. CATALANO. 1971. Variability of increases in α-amylase and sugars during storage of Goldrush and Centennial sweet potatoes. J. Food Sci. 36: 413-415.

DIETZ, J. H. and A. H. ROUSE. 1953. A rapid method of estimating pectic substances. Food Res. 18: 169-173.

DUBOIS, M., K. A. GILLES, J. K. HAMILTON, P. A. Rebers and F. SMITH. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350-356.

FITZGERALD, T. K. 1976. *Ipomoea batatas*: the sweet potato revisited. Ecology, Food and Nutr. 5: 107-114.

GARCIA, V. V. and J. K. PALMER. 1980. Carbohydrates of winged beans, *Psophocarpus tetragonolgus* (L) D.C. J. Food Technol. 15: 477-484.

HAMMET, H. L. and B. F. BARRENTINE. 1961. Some effects of variety, curing and baking upon the carbohydrate content of sweet potatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78: 421-426.

KATTAN, A. A. and D. L. LITTRELL. 1963. Pre- and post-harvest factors affecting firmness of canned sweet potatoes. Proc. Amer. Hort. Sci. 83: 641-650.

LI, B. W., T. W. COHRANE and J. R. VERCELLOTI. 1977. Chemical ionization mass spectra of pre-O-acetyl-aldononitriles and methylated aldononitrile acetates. Carbohydr. Res. 59: 567-570.

OLSON, A. C., R. BECKER, J. C. MIERS, M. R. GUMBMANN and J. R. WAGNER. 1975. Problems in the digestibility of dry beans. M. FRIEDMAN (ed) *In* Protein Nutritional Quality of Foods and Feeds. Vol. 1, Part 2. Marcel Dekker, Inc., New York. p. 551-563.

ONWUEME, I. C. 1978. The tropical tuber crops. John Wiley and Sons Inc., New York.

RACKIS, J. H. 1975. Oligosaccharides of food legumes: alpha-galactosidase activity and the flatus problem. *In* A. Jeanes and J. Hodge (ed) Physiological Effects of Food Carbohydrates. Amer. Chem. Soc., Washington, D. C. p. 207-222.

REDDY, N. N. and W. A. SISTRUNK. 1980. Effect of cultivar, size, storage, and cooking method on carbohydrates and some nutrients of sweet potatoes. J. Food Sci. 45: 682-684.

REISER, S. 1979. Effect of dietary fiber on parameters of glucose tolerance in humans. *In* G. Inglett and S. T. Falkenag (eds) Dietary Fibers. Chemistry and Nutrition. Academic Press. New York-San Francisco-London. p. 173-191.

ROTAR, P. P. and B. K. BIRD. 1981. Bibliography of sweet potato. Hawaii Agricultural Experiment Station. In press.

SALYERS, A. J. K. PALMER and J. BALASCIO. 1979. Digestion of plant cell wall polysaccharides by bacteria from the human colon. *In* G. Inglett and S. T. Falkehag (eds) Dietary Fibers. Chemistry and Nutrition. Academic Press. New York-San Francisco-London. p. 193-201.

SCHWEIZER, T. F. and P. WURSCH. 1979. Analysis of dietary fiber. J. Sci. Food Agric. 30: 613-619.

SISTRUNK, W. A. 1971. Carbohydrate transformations, color and firmness of canned sweet potatoes as influenced by variety, storage, pH and treatment. J. Food Sci. 36: 39-42.

SISTRUNK, W. A. 1977. Relationship of storage, handling and cooking method to color, hardcore tissue, and carbohydrate composition in sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 381-384.

SWINGLE, H. D. 1966. The relation of pectic substances and starch to consistency and moistness of sweet potatoes. Ph. D. Dissertation, Louisiana State University.

VALENT, B. S., A. G. DARVILL, M. McNEIL, B. K. ROBERTSON, and P. ALBERSHEIM. 1980. A general and sensitive chemical method for sequencing the glycosyl residues of complex carbohydrates. Carbohydr. Res. 79: 165-192.

WALTER, W. M. Jr., A. E. Purcell and A. M. Nelson. 1975. Effects of amylolytic enzymes on «moistness» and carbohydrate changes of baked sweet potato cultivars. J. Food Sci. 40: 793-796.

DISCUSSION GÉNÉRALE

(SÉANCE II)

ANONYME : *En général, les racines des plantes accumulent des métaux puisés dans le sol en quantités plusieurs fois plus élevées que les pousses. Par exemple, si la teneur du sol en cadmium est de 1 ppm, quelle sera sa concentration dans la racine de la patate douce ?*

WILSON : Je ne connais aucune étude sur l'accumulation du cadmium dans les racines de la patate douce.

ANONYME : *Quel est le meilleur indicateur pour déterminer la maturité de la patate douce ?*

WILSON : Aux Caraïbes, la sénescence du feuillage est utilisée comme indicateur de l'époque de récolte. La maturité de la patate douce est difficile à déterminer de façon précise par une observation objective.

WINARNO : *Le mode de développement racinaire de la patate douce est-il unique comparé à d'autres tubercules comme le manioc et la carotte ?*

WILSON : Oui, le tubercule de la patate douce est unique du fait de son développement cellulaire comprenant l'activité des bandes méristématiques primaires, secondaires et tertiaires en association avec le tissu du xylème. Ce mode particulier n'est pas précisément repris par d'autres plantes à racines.

VON UEXKULL : *Dans quelle mesure la formation de la racine tubéreuse est-elle influencée par la teneur de la bouture en éléments nutritifs et en hydrates de carbone, et à quel degré est-elle influencée par des facteurs externes (éléments nutritifs et autres substances) pendant les premiers stades de la croissance ? J'ai vu, à Bali, des fermiers qui plantaient les boutures dans l'aisselle de feuilles mortes de palmiers à huile, et qui transplantaient ensuite les boutures enracinées au champ. Les fermiers prétendaient ainsi obtenir un plus grand nombre de racines.*

WILSON : La stimulation de l'enracinement par le milieu organique des aisselles de feuilles de palmier à huile permet probablement d'obtenir un plus grand nombre de tubercules et une meilleure croissance. J'ignore toutefois quelle pourrait être la substance spécifique en jeu. L'azote nitrique est connu pour favoriser le grossissement des tubercules de la patate douce.

RASHID : *On observe souvent chez les patates douces des formes de racines très différentes. Dans quelle mesure les facteurs internes de la plante et les facteurs de l'environnement peuvent-ils influer sur la forme de la racine ? Les racines auront-elles une forme identique dans des environnements similaires ?*

WILSON : La forme du tubercule est déterminée de façon génétique car il existe des formes typiques - globuleuses, fusiformes et ainsi de suite. Toutefois, il est un fait que les conditions d'environnement déterminent la forme. Par exemple, des sols engorgés d'eau peuvent conduire à des tubercules fusiformes.

TSAY : *Existe-t-il des hormones végétales capables de favoriser l'initiation du tubercule et la croissance de la patate douce en dehors de l'AIA ?*

WILSON : Il est plus que probable qu'un certain nombre d'hormones jouent un rôle dans le métabolisme du tubercule et dans la croissance. Mon rapport traite d'une hypothèse qui explique la fonction de l'AIA et de son oxydase chez la patate douce.

ANONYME : *Etant donné que vos photomicrographies ainsi que le travail de beaucoup d'autres démontrent de façon décisive que l'organe de réserve de la patate douce est une racine, ne pensez-vous pas qu'il serait préférable de désigner ces organes de réserve sous le terme de racines de stockage ou racines charnues plutôt que d'utiliser le terme incorrect de tubercule, ce qui éviterait d'induire le public non averti en erreur ?*

WILSON : Le tubercule de la patate douce se développe à partir d'une racine qui a beaucoup d'analogies avec le stolon de la pomme de terre, comme le géotropisme positif, les caractères anatomiques qui la différencient d'une racine normale, l'initiation d'un organe de stokage, la capacité d'émettre des bourgeons. Si la définition du tubercule est celle d'un organe de stockage développé sur un organe spécialisé pour l'initier, alors l'organe de stockage de la patate douce est une racine tubéreuse par opposition à la tige tubéreuse de la pomme de terre *Solanum*. Mais la croissance de l'organe de stokage est très différente de celle d'une racine normale. La croissance de la racine de stockage du manioc, par contre, est très similaire à celle d'une racine normale excepté que le parenchyme de stockage est produit dans chacune d'elles à partir du xylème.

WARRIT : *Quelles perspectives retirons-nous de nos discussions de ce matin en matière d'amélioration de la plante ?*

WILSON : L'objectif des recherches physiologiques sur les composantes déterminantes du rendement est de mettre au point des moyens de criblage pour sélectionner des variétés élites de patate douce.

URITANI : *D'après votre discussion, le ^{14}C ne semble pas être incorporé dans les hydrates de carbone du cortex. Si c'est vraiment le cas, pourriez-vous apporter une explication ?*

KAYS : Le ^{14}C s'accumule autour du cambium vasculaire ; cependant, au cours de la division cellulaire, les nouvelles cellules adjacentes au cambium ne sont pas marquées. Les Figure 3 (à 45 jours) et 4 (à 75 jours) illustrent ceci. Chez les plants marqués au 105ème jour et récoltés au 106ème jour (Figure 5), le ^{14}C se trouve essentiellement dans la zone du cambium vasculaire.

ANONYME : *Chez la patate douce, la variabilité génétique naturelle n'a pas été exploitée complètement. A la lumière de cette constatation, quel est l'avantage d'une approche impliquant le génie génétique par rapport aux méthodes classiques d'amélioration des plantes ?*

KAYS : Pour répondre à cette question du point de vue du physiologiste, notre objectif est d'arriver à saisir les processus de base de la plante qui limitent le rendement dans les conditions normales. Ceci ouvrirait la voie à un programme plus pragmatique de sélection en vue d'une productivité élevée.

ANONYME : *Quant vous utilisez le CO_2 de l'air, comme l'étalonnez-vous ? Comment mesurez-vous le taux net d'assimilation ?*

AGATA : Tous les échantillons de CO_2 ont été analysés avec un analyseur de gaz CO_2 à infrarouge. Un facteur de 0.61 a été appliqué pour convertir le CO_2 en matière sèche. Le taux d'assimilation net était calculé par la méthode de Watson.

ANONYME : *Quel est le potentiel de production maximum de la patate douce ? Certains conférenciers ont parlé de 60 t/ha et de 70 t/ha ou plus. J'aimerais connaître le rendement théorique maximum de la patate douce.*

AGATA : J'ai obtenu un rendement maximum d'environ 60 t/ha (poids frais) en cinq mois. Le rendement de la patate douce est fonction de la longueur de la période de croissance. En me basant sur mon expérimentation, j'ai calculé que l'on pouvait obtenir 120 t/ha en huit mois et 80 t/ha en six mois à Naha, Okinawa, Japon.

URITANI : *Pourriez-vous me dépeindre l'effet du stress hydrique sur la matière sèche et la productivité ? Disposez-vous de données sur la différence de température entre le jour et la nuit, en relation avec la productivité ?*

AGATA : Je pense que l'humidité du sol est un des facteurs les plus importants pour la production de patates douces. Il m'est impossible de répondre de manière précise à votre question étant donné que je n'ai pas étudié l'effet du stress hydrique sur la matière sèche et la productivité. Dans mes essais toutefois, l'irrigation a fréquemment été utilisée d'août à septembre pour réduire le stress hydrique.

SAJJAPONGSE : *Quelle est la meilleure époque pour planter des patates douces sous les tropiques ?*

AGATA : Comme je n'ai pas l'expérience des tropiques, je ne saurais répondre à votre question. Cependant, la meilleure époque pour planter la patate douce dans les régions tempérées se situe pendant le mois où la température de l'air est supérieure à 20° C. Selon mon expérimentation, elle correspond au printemps.

OKA : *Une augmentation en CO_2 entraînerait un accroissement de la photosynthèse. Cependant, elle s'accompagne habituellement d'une pollution de l'air avec HSO_4, NO_2, etc. Quelle est la sensibilité des plants de patate douce à la pollution, comparée à celle des autres plantes ?*

HOZYO : Nous manquons de données spécifiques concernant la sensibilité de la patate douce à la pollution de l'air. Toutefois, d'après ce que l'on sait de l'effet du CO_2 sur l'activité photosynthétique, il est suggéré que la sensibilité de la patate douce à la pollution de l'air est intermédiaire comparée aux autres plantes cultivées.

ANONYME : *Pouvez-vous expliquer la différence entre les résultats du Dr Hozyo qui montrent une diminution de la photosynthèse avec le vieillissement et ceux du Dr Agata qui montrent que le TNA (photosynthèse nette) est élevé à la fin de la croissance.*

HOZYO : Mes résultats proviennent de la mesure de la photosynthèse d'une seule feuille intacte alors que ceux du Dr Agata ont été obtenus à partir de la production de matière sèche dans les conditions expérimentales en champ. La valeur du TNA n'indique pas le taux de consommation de CO_2. La valeur du TNA traduit l'efficience de la production de matière sèche et celle-ci est un processus compliqué.

URITANI : *Pourriez-vous expliquer l'effet de la température et du stress hydrique (teneur en eau du sol) sur l'activité photosynthétique, dans vos essais ?*

HOZYO : On a établi que les taux de prélèvement d'anhydride carbonique avaient presque la même valeur à 25-32° C ; ainsi, l'effet de la température sur l'activité photosynthétique n'est pas marqué aux températures situées entre 20 et 32° C. Nous n'avons pas de données au sujet du stress hydrique, mais dans des conditions d'humidité du sol déficiente, l'étiolement survient ce qui laisse supposer que le stress hydrique peut influencer la photosynthèse.

LEE : *Pourquoi le contenu en amidon était-il si bas après cuisson ?*

CHEN : La conversion de l'amidon en sucres a lieu pendant la cuisson et la conservation des patates douces. Ceci explique le niveau d'amidon plus faible et la teneur en sucres accrue. La conversion est due à une hydrolyse enzymatique. Par exemple, Walter *et al.* ont rapporté que 42-95 % de l'amidon était converti pendant la cuisson.

VILLORENTE : *Je vous saurais gré d'expliquer davantage pourquoi le contenu en sucres augmentait pendant le séchage ou la conservation.*

CHEN : Il existe deux sources majeures de bêta-amylase commerciale, la patate douce et l'orge, ce qui montre que la patate douce contient une grande quantité de bêta-amylase. L'alpha-amylase existe également chez la patate douce. Ces deux amylases contribuent à la conversion d'amidon en sucres.

WINARNO : *L'augmentation du contenu en sucres est-elle due à l'hydrolyse d'autres hydrates de carbone ou à la synthèse à partir d'une autre source ?*

CHEN : Je pense qu'il a déjà été répondu à ceci dans la dernière question, mais j'aimerais donner quelques informations complémentaires. D'après le rapport de Walter *et al.*, les activités de l'alpha-amylase de certaines variétés de patates douces passent de 0,6-2,5 unités à la récolte à 10-62 unités après un stockage de 71 jours, mais l'activité de la bêta-amylase reste constante. De plus, les résultats de l'enquête gustative concordent de manière significative avec les activités de l'alpha-amylase, mais pas avec celles de la bêta-amylase. C'est pourquoi l'activité de l'alpha-amylase pourrait être l'agent causal majeur de la conversion de l'amidon. Il faut aussi remarquer que les variétés de patate douce typiquement « sèches » présentent des activités de alpha-amylase et un pourcentage d'amidon converti beaucoup plus faibles.

URITANI : *Lors de la décomposition de l'amidon en maltose pendant le chauffage, pensez-vous que le goût sucré diminue l'acceptabilité de la patate douce ?*

CHEN : Quand la teneur en sucre augmente, le goût sucré augmente également. Ceci pourrait être une raison de la faible acceptation de la patate douce, du moins lorsqu'elle est utilisée comme principal aliment d'appoint.

SEANCE III

LA RECHERCHE DE SOURCES DE RESISTANCE AU CHARANÇON DE LA PATATE DOUCE

N. S. TALEKAR
Centre Asiatique de Recherche et de Développement des Cultures Maraîchères, Shanhua, Tainan 741, Taiwan

INTRODUCTION

Parmi plus de 40 espèces d'insectes nuisibles qui parasitent la patate douce dans différentes parties du monde, le charançon de la patate douce, *Cylas formicarius* (F) et une espèce très voisine, *C. puncticollis*, s'avèrent les plus destructrices dans les régions tropicales et subtropicales. *C. puncticollis* existe seulement dans une douzaine de pays d'Afrique. Toutefois, le charançon de la patate douce, plus cosmopolite, est présent de l'Afrique Occidentale à l'Afrique Orientale en Afrique du Sud, à Madagascar, à l'Ile Maurice, aux Seychelles, en Inde, au Bangladesh, au Sri Lanka, en Asie du Sud-Est, en Chine, en Papouasie-Nouvelle Guinée, en Australie Orientale, aux Iles salomon à Hawaï, aux Iles Samoa, Fidji, Carolines, Gilbert et Mariannes, dans le sud des Etats-Unis, aux Iles Caraïbes, au Mexique, en Guyane et au Venezuela (Hill 1975)

Les insectes s'attaquent aux racines de patate douce dans le champ et pendant la conservation. Dans le champs, la femelle adulte pond ses œufs dans la tige ou dans les racines en formation si elles sont exposées ou accessibles. Les vers blancs apodes, principaux responsables des dégâts, creusent des galeries dans les tiges et les racines. Les galeries nourricières tortueuses sont remplies avec leurs excréments, et dégagent une odeur caractéristique de terpène perceptible même dans les racines peu endommagées, ce qui les rend inconsommables par l'homme.

Même en utilisant des insecticides, il est difficile de lutter contre le charançon, du fait de ses habitudes alimentaires. La lutte agronomique n'est pas toujours efficace, ni facile compte tenu des multiples modes de culture pratiqués dans le monde. La méthode de lutte qui paraît la plus pratique et la plus économique consiste à utiliser des cultivars de patate douce résistants au charançon.

Au cours des quarante dernières années, plusieurs tentatives ont été faites pour trouver un mode de résistance à cet insecte nuisible et l'introduire dans les cultivars commerciaux. Une des toutes premières études a été initiée en 1939 par Cockerham et Deen (1947) du Département de l'Agriculture des Etats-Unis, Bureau d'Entomologie et de Quarantaine des Plantes, à Baton Rouge, Louisiane. De 1939 à 1946, plusieurs cultivars ont été criblés chaque année. Les chercheurs ont observé une grande variabilité dans les niveaux d'infestation d'une année à l'autre et ont relaté que pour une lignée, à savoir la lignée N° 32-10-5, c'était « la première fois qu'un seedling ou une variété montrait une réelle résistance aux charançons pendant deux années consécutives en présence d'une infestation suffisamment élevée pour qu'elle soit significative ». La discordance flagrante dans la résistance des cultivars d'une saison à l'autre ou d'un endroit à un autre, observée par les auteurs, avait continuellement déjoué les efforts des chercheurs. Cockeham et Deen (1947) ont relevé, parmi d'autres caractéristiques, que les cultivars possédant de longues racines à partir desquelles poussaient des racines charnues largement réparties dans le billon étaient souhaitables pour éviter l'attaque des charançons. Dans d'autres essais réalisés en 1949-1950, le

Numéro 32-10-5 (rebaptisé L 187) était beaucoup moins parasité que les témoins L 225, Porto Rico ou Oklahoma (Cockerham et Harrisson 1952). Malgré ces premiers succès enregistrés en Louisiane, on ne disposait toujours pas, en 1969, de cultivar résistant (Anon 1970).

Sur une petite parcelle d'un essai en champ groupant dix cultivars et sans répétition, Jayaramaiah (1975) ne put discerner la moindre différence significative entre eux en matière de résistance bien que les cultivars locaux fussent moins atteints que le cultivar introduit, Centennial. Il nota que les cultivars locaux possédaient de fines et solides couronnes, tiges, et racines tubéreuses. Cockerham et Deen (1947) ont observé le même caractère chez le cultivar résistant. Jayaramaiah (1975) a aussi remarqué que les cultivars locaux avaient de longues tiges et que leurs racines tubéreuses étaient localisées profondément dans le sol et largement espacées. Elles n'étaient de ce fait pas facilement accessibles aux charançons pour la nutrition et la reproduction. Edmond (1971) mentionne également que les racines formées à 10-15 cm en-dessous de la surface du sol sont relativement indemnes de charançons.

Un effort concerté pour la sélection de patates douces résistantes à *C. punctícollis* a été consenti depuis 1971 par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) à Ibadan, au Nigéria. Leurs premiers résultats de criblage pour cette résistance montraient que les lignées TIS 2534, TIS 2328, TIS 2529 et TIS 1499 étaient résistantes au charançon pendant un an dans les conditions du champ, mais se montraient susceptibles l'année suivante (Anon 1975 b). En 1976, (Anon 1976) l'IITA signalait 12 nouvelles lignées très peu endommagées par le charançon dans les tests de criblage aussi bien en laboratoire qu'en champ. Toutefois, un rapport ultérieur mentionnait qu'elles ne constituaient pas encore de sources importantes de résistance du tubercule (Anon 1977). En se basant sur des essais de rendement réalisés dans 15 environnements entre 1976 et 1978, on a pu relever que TIS 3053, TIS 2328, TIS 2544, TIS 3030, TIS 2532, TIS 2153, TIS 2534 et TIS 3017, étaient dotées d'une résistance stable au charançon (Anon 1978). L'héritabilité de la résistance a été évaluée à 82,8 % en pleine saison sèche, lorsque la pression de la population de charançons est élevée, à 39,3 % au début de la saison sèche, lorsque la pression de la population de charançons est basse, et à 40,3 % pendant la saison des pluies (Anon 1978). Une autre étude de terrain de l'IITA a montré que les lignées résistantes TIS 3030, TIS 3017 et TIS 2532, à racines moyennement profondes (2-4 cm), étaient moins endommagées que la ligne susceptible Tib 4, à racines superficielles (0-2 cm). Ceci confirme les observations de Cockerham et de Deen (1947) et de Jayaramaiah (1975) qui soulignaient que les lignées à enracinement plus profond étaient moins endommagées. Une étude en laboratoire de l'IITA cite l'antibiose comme mécanisme possible de résistance. Néanmoins, jusqu'en 1979, aucun cultivar résistant au charançon n'avait été mis au point à partir des sources de résistance précédemment identifiées (Anon 1979).

Dans trois essais de criblage en champ effectués entre 1975 et 1977, Waddill et Conover (1978) ont testé cinq cultivars, 34 sélections de patates douces à chair blanche et une lignée de sélection à chair orange pour la résistance au charançon de la patate douce. Bien qu'ils aient pu dégager des différences significatives de susceptibilité, ils constatèrent, d'un test à l'autre, des discordances dans les taux d'infestation par le charançon de certaines sélections. Par exemple, la sélection 32, la moins endommagée dans les seconds tests, était considérablement attaquée dans le premier. Aucune des sélections prometteuses des deux premiers tests ne purent malheureusement être incluses dans un troisième test pour juger de leur régularité.

Rolston *et al.* (1979) ont remarqué une résistance appréciable chez plusieurs lignées au cours d'une étude de quatre années réalisée sur la résistance au charançon de la patate douce à l'Université d'État de Louisiane, à Baton Rouge. Certaines lignées se sont montrées résistantes de façon régulière pendant leur évaluation pendant deux ou plusieurs années. Par exemple, la lignée L 3-64 était peu attaquée en comparaison avec les lignées susceptibles et elle fut utilisée comme

témoin de résistance dans les essais ultérieurs. Certaines de ces lignées résistantes se montrèrent néanmoins susceptibles dans nos tests aux AVRDC.

Mullen *et al.* (1980 a) ont trouvé que sur 79 lignées, cinq se montraient résistantes en deux localités, Savannah en Georgie, et Yoakum au Texas.

Le criblage du matériel génétique de patate douce pour la résistance au charançon a été initié en 1974 au Centre Asiatique de Recherche et de Développement des Cultures Maraîchères (AVRDC). Notre approche de base était d'identifier la source de résistance en criblant le matériel génétique disponible sous une pression de population de charançons constante relativement plus élevée que celle du champ, et ensuite, de transmettre immédiatement la résistance à des cultivars agronomiques très productifs.

METHODOLOGIE

Procédure de l'expérimentation sur le terrain

Le criblage de routine a été réalisé à deux endroits à Taiwan; la parcelle expérimentale de l'AVRDC à Shanhua, dans le sud-ouest de Taiwan, et la Station Gouvernementale de Recherches Agronomiques de l'île Penghu dans le Détroit de Taiwan. Alors qu'au sud de Taiwan, le climat est représentatif des plaines tropicales humides, l'île Penghu a un climat tropical semi-aride. Le criblage du matériel génétique à ces deux endroits permet d'estimer sa résistance au charançon dans des conditions d'environnement très diverses. A l'AVRDC, les lignes d'infestation d'1 m de large et espacées de 2 m sont plantées deux ou trois mois avant le criblage du matériel (Figure 1 A). Elles sont totalement infestées de charançons deux mois après la plantation à partir de colonies conservées au laboratoire sur des racines de patates douces stockées. Le terrain compris entre les lignes est travaillé au pulvériseur rotatif au moment de la plantation et préparé en plates-bandes d'un mètre de large. De cette façon, chaque variété en essai est contiguë à une ligne d'infestation très virulente. Une infestation généralisée est ainsi assurée.

Notre parcelle habituelle est une simple ligne de 5 m de long. Le nombre de répétitions dépend du nombre de lignées à tester et de la superficie disponible pour le test. Le criblage préliminaire est habituellement réduit à une seule répétition et les tests plus avancés à deux ou trois. Les pratiques culturales conseillées à l'AVRDC pour la culture de la patate douce à l'exception de l'AVRDC sont appliquées. L'emploi d'insecticides. Les rendements en racines sont mesurés à la récolte (Figure 1 C). Toutes les racines récoltées par parcelle, jusqu'à un poids maximum de 5 kg, sont prélevées pour l'évaluation de leur infestation par les charançons. Cinq tiges de cinquante centimètres sont également prélevées au hasard dans la parcelle pour être évaluées. Chaque longueur consistait en 25 cm de tige aérienne et 25 cm de tige souterraine. La parcelle expérimentale est ensuite préparée au pulvérisateur à disques (Figure 1 D), délimitée en bandes de 1 m de large et la procédure est répétée (Figure 1 E).

Les lignes d'infestation de charançons ne sont pas conservées à l'île Penghu à cause des mois d'hiver extrêmement secs et des faibles précipitations de mai à septembre. Nous plantons le matériel à tester en lits de 5 m × 1 m et lâchons les charançons aussi uniformément que possible huit à dix semaines après la plantation. Les autres protocoles expérimentaux sont analogues à ceux mentionnés plus haut. Le criblage à l'île Penghu est effectué entre avril et septembre.

Evaluation de la résistance

Pour plusieurs raisons, les divers chercheurs utilisent des procédures différentes pour l'évaluation de la résistance. Dans certains cas (Anon 1975 b, 1976, 1977, 1978), les détails fournis quant

aux méthodes suffisent pas à effectuer une évaluation critique. Cocherham et Deen (1947) et Cockerham et Harrisson (1952) se basaient sur une observation visuelle externe des tiges et des racines infestées pour estimer la résistance. Jayaramaiah (1975) adoptait le pourcentage de racines et de tiges endommagées comme critère de résistance. A l'IITA, les méthodes d'évaluation sont très différentes. Un système d'estimation de l'ampleur des dégâts basé sur une échelle de 0 à 5 a été adopté en 1975 (Anon 1975 b), puis complétée par une notation des dommages causés aux tiges par le charançon et par un pourcentage de tubercules infestés (Anon 1976) ou de consommation de la surface foliaire par les charançons adultes (Anon 1977, 1978). Waddill et Conover (1978) ont basé leur taux de résistance sur le nombre de charançons qui émergeaient d'échantillons de racines de 1,4 kg conservés à la température ambiante (22-26 C) pendant 30 jours.

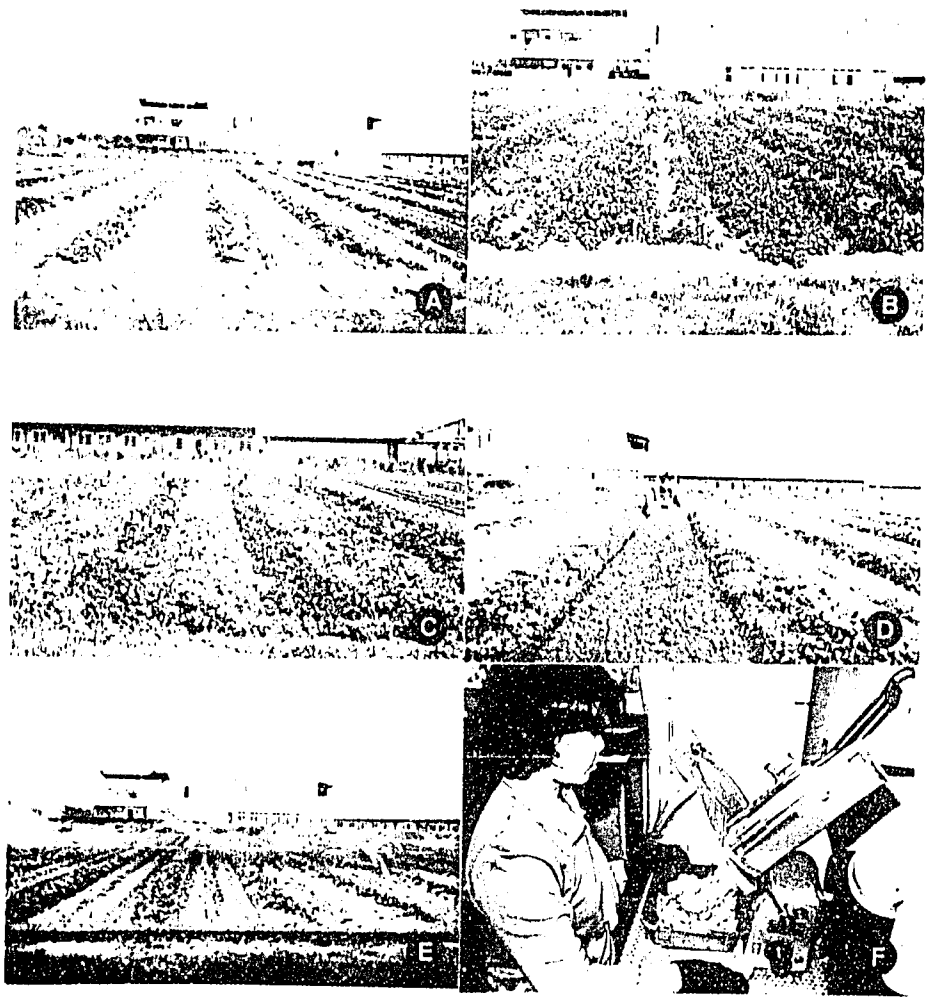


Figure 1. Procédure de criblage pour la résistance au charançon de la patate douce. (A) Les lignes de source d'infestation par les charançons de la patate douce sont plantées deux ou trois mois avant que le champ ne soit prêt pour la plantation du matériel à cribler pour sa résistance. (B) Croissance du matériel à cribler pour sa résistance, plante entre deux lignes d'infestation environ deux mois plus tard. Après la récolte des lignes de matériel criblé pour la résistance (C), le terrain expérimental est travaillé au pulvériseur rotatif entre les lignes d'infestation (D) et plus tard planté avec d'autres séries de matériel à tester (E). (F) Les racines des patates douces sont découpées en tranches épaisses de 2,5 mm pour observer les charançons et l'étude des dégâts.

Rolston *et al.* (1979) ont évalué la résistance en rangeant les racines en cinq catégories d'après le nombre de perforations : 0, 1-5, 6-10, 11-15 et 16 ou plus. Le nombre de racines de chaque catégorie était multiplié par un facteur pondéral de 1 à 5 et la somme de ces produits était divisée par le nombre de racines de l'échantillon. Il en résultait un indice, avec une variation possible de 1.00 (pas de dégâts) à 5.00 (beaucoup de dégâts), qui pouvait faire l'objet d'une analyse statistique. Mullen *et al.* (1980) ont utilisé l'infestation de la couronne et de la butte comme critères d'estimation des niveaux de résistance. L'infestation de la couronne était mesurée par le pourcentage atteint et par sa gravité (indice de couronne de 1-5). L'estimation était faite par quatre personnes pour réduire les différences individuelles. L'infestation de la butte était déterminée par le nombre de buttes dont les racines étaient atteintes et par le nombre de charançons sortant des racines placées en laboratoire (à 22° - 26° C pendant 30 jours). Mullen *et al.* (1980 b) ont aussi mis au point une technique de criblage en laboratoire consistant à exposer aux charançons des cylindres de 1,7 cm de diamètre prélevés sur les racines, et à recenser les perforation occasionnées par les insectes. Bien que la méthode paraisse simple et peu laborieuse, il n'était pas évident de pouvoir extrapoler les résultats de laboratoire aux conditions en champ. Après plusieurs mois d'essais nous avons du abandonner, en 1975-76, une technique semblable car il nous était impossible de relier nos résultats de laboratoire à ceux du champ. Cette impossibilité était probablement due au fait que, tout comme certains constituants comme le carotène (Anon 1975 a, Ezell et Wilcox 1968) et les protéines (Anon 1975 a), les facteurs de résistance des racines peuvent varier, pour une même plante, d'une racine à l'autre ou même, pour une même racine, d'une région à l'autre. De telles variations, courantes chez la patate douce, sont susceptibles de fausser tout résultat acquis grâce aux méthodes de laboratoire.

A l'AVRDC, pour procéder à l'évaluation de la résistance, nous découpons des tranches de 2,5 mm d'épaisseur dans des échantillons de racines, à l'aide d'un coupe-jambon HDJ-2 Deluxe (Tokyo Nantsune Shoji C.), (Figure 1 F). Le nombre d'insectes (larves + pupes + adultes) de chaque tranche de racine échantillonée est relevé. Les tranches endommagées par les insectes sont mises à part et pesées pour déterminer les dégâts. La résistance relative à l'insecte est mesurée comme la déviation standard de la moyenne d'infestation de toutes les entrées du test, en fonction du nombre de charançons par kg de racines et du pourcentage de racines endommagées par ceux-ci. De cette manière, les entrées sont classées dans différentes catégories de résistance (Tableau 1). Les entrées qui sont classées dans les catégories MR ou TR d'après l'ensemble des trois critères sont essayées la saison suivante pour la confirmation de leur résistance.

Tableau 1. Méthodes de classement des patates douces d'après leur résistance relative au charançon

1. Basées sur le nombre de charançons

I. TR : Très résistant : $(\bar{X})_{nc} - (1sd)_{nc}$
II. MR : Modérément résistant : $(\bar{X})_{nc} - sd_{nc}$ to $\bar{X}_{nc}$
III. S : Susceptible : $(\bar{X})_{nc}$ to $(\bar{X})_{nc} + (2sd)_{nc}$
IV. TS : Très Susceptible : $(\bar{X})_{nc} + (2sd)_{nc}$

2. Basées sur le pourcentage de racines endommagées

I. TR : Très résistant : $(\bar{X})_{rd} - (1sd)_{rd}$
II. MR : Modérément résistant : $(\bar{X})_{rd} - (1sd)_{rd}$ to $(\bar{X})_{rd}$
III. S : Susceptible : $(\bar{X})_{rd}$ à $(\bar{X})_{rd} + (2sd)_{rd}$
IV. TS : Très Susceptible : $(\bar{X})_{rd} + (2sd)_{rd}$

3. Basées sur le nombre d'insectes et le pourcentage de racines endommagées

I. TR : Très résistant : $[(\bar{X})_{nc} - (1sd)_{nc}] + [(\bar{X})_{rd} - (1sd)_{rd}]$
II. MR : Modérément résistant : $[(\bar{X})_{nc} - (1sd)_{nc}] + [(\bar{X})_{rd} - (1sd)_{rd}$ to $(\bar{X})_{nc} + (\bar{X})_{rd}]$
III. S : Susceptible : $[(\bar{X})_{nc} + (\bar{X})_{rd}]$ à $[(\bar{X})_{nc} + (2sd)_{nc} + (\bar{X})_{rd} + (2sd)_{rd}]$
IV. TS : Très Susceptible : $[(\bar{X})_{nc} + (2sd)_{nc} + (\bar{X})_{rd} + 2sd)_{rd}]$

nc : Nombre de charançons/kg de racines
rd : Pourcentage de racines endommagées
$\bar{X}$: Moyenne
sd : Déviation standard

Tableau 2. Résumé des réactions de résistance au charançon de certaines variétés de patates douces sélectionnées

N° d'accès AVRDC	Identification du cultivar	Test de criblage pour la résistance											
		I			II			III			IV		
		Lieu et date [Z]	Charançons par kg de racines	Taux de résistance [Y]	Lieu et date [Z]	Charançons par kg de racines	Taux de résistance [Y]	Lieu et date [Z]	Charançons par kg de racines	Taux de résistance [Y]	Lieu et date [Z]	Charançons par kg de racines	Taux de résistance [Y]
181	PI 286 619	AV75/1	6,35	MR	AV75/6	10,8	MR	AV76/10	2,3	MR	PH77/5	169	S
182	PI 286 621	AV75/1	0	HR	AV75/6	1,4	HR	PE76/9	3,5	MR	PH77/5	0	HR
193	PI 315 342	AV75/1	0	HR	AV75/6	5,5	MR	PE76/9	4,7	MR	PH77/5	81,3	MR
197	PI 315 350	AV75/1	13,90	MR	AV75/6	0,6	HR	PE76/9	12,0	MR	PH77/5	160	S
1 104	PI 318 856	AV75/6	1,7	HR	PE76/9	2,3	MR	PH77/5	66,5	MR	PE77/10	6,54	MR
1 123	B 6 712	AV75/1	8,15	MR	AV75/6	0	HR	PE76/9	2,5	MR	PE77/10	24,98	MR
1 152	Red Tuber Tail	AV75/1	22,49	MR	AV75/6	4,6	HR	PE76/9	10,3	MR	PE77/10	21,57	MR
		V			VI			VII			VIII		
182	PI 286 621	PE78/11	281	S									
193	PI 315 342	PE78/11	306	S									
197	PI 315 350	PE77/10	0	MR									
1 104	PI 318 856	AV78/11	8	MR	PE78/11	293	S						
1 123	B 6 712	AV80/5	28	S	AV81/2	0	MR						
1 152	Red Tuber Tail	AV78/11	2	HR	AV79/5	13,1	MR	AV80/5	37,6	S	AV81/2	0	MR

AV : AVRDC.
PE : Penghu Island.
PH : Los Banos, Philippines.
Les dates inscrites sont l'année et le mois de récolte.
TR : Très résistant.
MR : Modérément résistant.
S : Susceptible.

Chaque essai de criblage comprend deux cultivars témoins susceptibles, habituellement P1 344129 et le Tainung 57, et deux cultivars qui se sont montrés résistants dans les tests précédents, habituellement B 6712 et Red Tuber Tail.

RESULTATS ET DISCUSSION

A la fin de 1980, nous avions criblé toute notre collection génétique de patates douces (400 numéros) et plusieurs centaines d'entrées provenant du matériel sélectionné à partir des croisements réalisés par nos sélectionneurs. Initialement, nous avons concentré nos efforts sur le patrimoine génétique. A partir du moment où certains numéros se montraient résistants pendant deux saisons, ils étaient introduits dans notre programme de sélection. Les réserves génétiques ainsi que le matériel sélectionné étaient criblés pour d'autres sources de résistance provenant des croissements, en vue d'étudier l'hérédité de la résistance. Nous avons criblé toute notre réserve génétique au moins une fois et plusieurs de nos numéros prometteurs jusqu'à huit fois, en deux endroits. Comme la plupart des autres chercheurs qui se sont attachés à cribler les patates douces pour leur résistance au charançon, nous avons rencontré une énorme variation dans les degrés de résistance, d'un endroit à l'autre et d'une saison à l'autre. En effet, il n'est pas rare de constater de grandes différences entre deux parcelles de la même variété. Les résultats des numéros sélectionnés montrant des niveaux de résistance prometteurs figurent au Tableau 2. Dans tous les cas, sauf deux, B 6712 et Red Tuber Tail, nous avons arrêté le criblage dès que le numéro se montrait susceptible. Nous continuons à utiliser ces deux numéros dans nos essais et dans notre programme de sélection parce qu'ils ont montré la résistance la plus régulière au cours des cinq dernières années. Chacun d'eux est croisé avec un parent qui présente des caractères agronomiques souhaitables (par ex., rendement élevé et précocité) et la performance de la descendance de ce croisement simple est évaluée. En vue d'élever le niveau de résistance, soit ce croisement simple est croisé en retour avec un numéro résistant au charançon, soit deux croisements simples, chacun d'eux source de résistance au charançon, sont croisés réciproquement. Les descendances de tels croisements sont testées en champ.

La grande variabilité de la patate douce n'est pas limitée à la résistance aux charançons mais s'étend à de nombreuses autres caractéristiques. Ezell et Wilcox (1958)) ont relevé une variation des caroténoïdes totaux atteignant 45 % et une variation de 145 % du contenu en carotène chez une variété cultivée sur environ 0,07 ha et échantillonnée en dix répétitions de cinq racines chacune. Une variation de la teneur en carotène double de celle-ci fut observée d'une saison à l'autre dans le même champ. La teneur en carotène des racines d'un même plant, prises individuellement, enregistrait une variation atteignant 47 % pour la variété Orange Little Stem et 82 % pour la variété Yellow Jersey. Des variations de cet ordre ont également été relevées à l'AVRDC pour les teneurs en carotène et en protéine de la patate douce (Anon 1975 a) et dans un essai de rendement de six cultivars réalisé en huit endroits sur une période de trois ans en Corée (Jong et Park 1975).

Pour une meilleure compréhension de l'étendue et de la nature de la variation de l'infestation par les charançons, nous avons réalisé un essai uniforme au printemps 1980. Le cultivar AIS 35-2 a été planté sur un hectare et les charançons y ont été lâchés aussi uniformément que possible deux mois plus tard. Trois mois après, à la récolte, des racines ont été récoltées sur une surface de 20 m × 20 m sous la forme de 400 lots d'un m² chacun. Les racines de chaque lot ont été découpées en tranches de 2,5 mm d'épaisseur et le nombre de charançons de même que le nombre de racines endommagées ont été comptées. Le coefficient de variation (CV) de chaque dimension parcellaire est donné à la Figure 2. Le coefficient de variation allait de 170 % pour 1 m² jusqu'à un minimum de 65 % pour les parcelles de 20 m², en utilisant comme critère le nombre de charançons, et de 132 %

à 55 % respectivement lorsque le critère « nombre de racines endommagées » était utilisé. Une variation de cette ampleur est survenue en dépit de tous nos efforts pour répandre les charançons les plus uniformément possible sur le champ. On peut s'attendre à une variation similaire, voire même plus grande encore pour le taux de résistance basé sur l'infestation naturelle par les charançons.

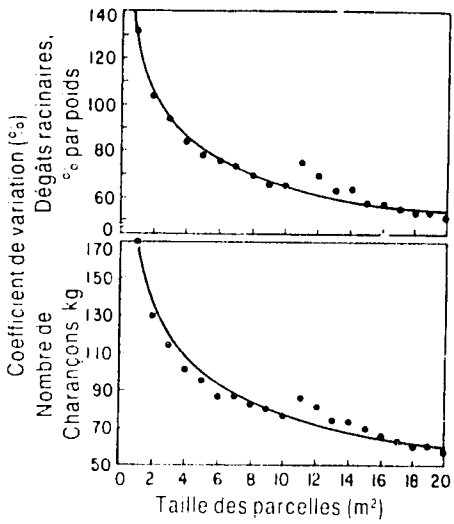


Figure 2. Le coefficient de variation (CV) en fonction du pourcentage de racines endommagées ou du nombre de charançons de la patate douce pour des parcelles de différentes dimensions.

Rechercher une explication à la nature de cette variation ou à l'influence des facteurs du milieu dépasserait le cadre de cette communication. Les variations entre plants et entre variétés ont été certainement responsables de l'échec essuyé par la recherche de cultivars résistants au charançon depuis presque 40 ans, époque à laquelle Cockerham et Deen, mentionnaient pour la première fois l'existence de sources potentielles de résistance.

CONCLUSIONS

L'interaction plante hôte-insecte parasite est basée sur des facteurs physiologiques et ayant trait au milieu, en plus de leur propre interaction. En ce qui concerne l'interaction entre la patate douce et le charançon, les facteurs du milieu jouent un rôle important dans l'expression de la résistance. Les travaux de recherche sur la résistance devraient par conséquent être réalisés dans un éventail très large de milieux. Sous certaines conditions expérimentales, la plus grande attention devrait être accordée au choix des dimensions parcellaires et au nombre de répétitions. Un niveau de résistance obtenu sur de trop petites parcelles, avec un nombre de répétitions insuffisant, et sur un nombre de saisons insuffisant, ne constitue pas un résultat suffisamment fiable, surtout si on entend l'utiliser pour sélectionner des cultivars résistant au charançon. La grande variabilité de bon nombre de caractères de la patate douce, déjà soulignée par la littérature, et l'impossibilité, malgré des années de recherche, de sélectionner un cultivar commercial à partir de géniteurs possédant une source reconnue de résistance à l'une ou l'autre espèce de charançon, font soupçonner qu'une source appropriée de résistance au charançon pourrait ne pas exister dans le patrimoine génétique de la patate douce.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYMOUS. 1970. Thirty years of cooperative sweet potato research 1939-1969. Southern Cooperative Series Bulletin No. 159. Louisiana Agric. Expt. Sta., Louisiana State Univ., Baton Rouge, Louisiana, USA. 87 pp.

ANONYMOUS 1975a. Annual report for 1974. Asian Vegetable Research and Development Center. Shanhua, Taiwan, 142 pp.

ANONYMOUS 1975b. 1975 Annual Report. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 207 pp.

ANONYMOUS 1976. 1976 Annual Report. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 126 pp.

ANONYMOUS 1977. 1977 Annual Report. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 98 pp.

ANONYMOUS 1978. 1978 Annual Report. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 130 pp.

ANONYMOUS 1979. 1979 Annual Report. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 152 pp.

COCKERHAM, K. L. and O. T. DEEN. 1947. Resistance of new sweet potato seedlings and varieties to attak by the sweet potato weevil. J. Econ. Entomol. 40: 439-441.

COCKERHAM, K. L. and P. K. HARRISON. 1952. New sweet potato seedlings that appear resistant to sweet potato weevil attack. J. Econ. Entomol. 45: 132.

EDMOND, J. B. 1971. Sweet potatoes. Production, processing, marketing. The Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, USA. 334pp.

EZELL, B. D. and M. S. WILCOX. 1958. Variation in carotene content of sweet potatoes. J. Agric. Food Chem. 6: 61-65.

HILL, D. Agricultural Insect Pests of the Tropics and Their Control. Cambridge Univ. Press. Cambridge, England. 516 pp.

JAYARAMAIAH, M. 1975. Reaction of sweet potato varieties to damage of the weevil, *Cylas formicarius* (Fab) (Coleoptera: Curculionidae) and on the possibility of picking up of infestation by weevil. Mysore J. Agric. Sci. 9: 418-421.

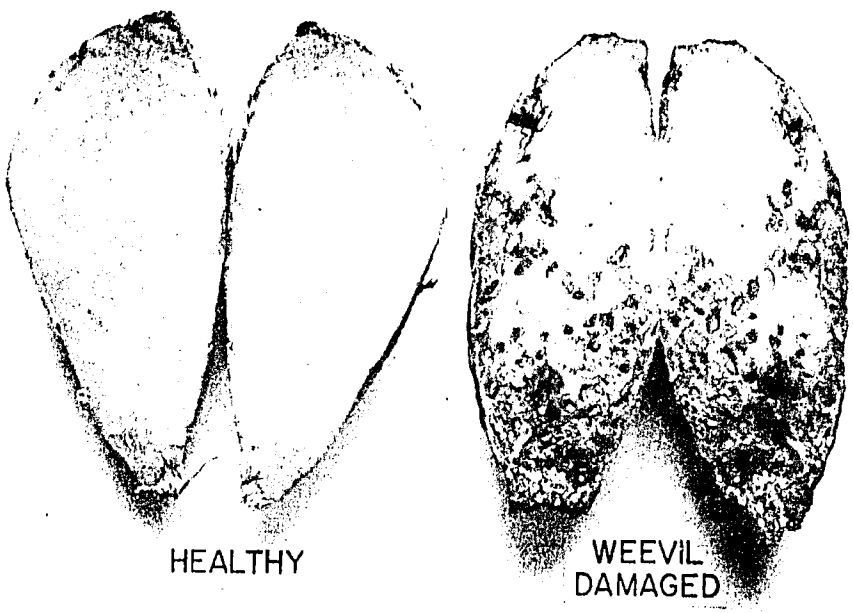
JONG, S. K. and K. Y. PARK. 1975. Variety x environmental interaction in sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) tests in Korea. The Research Reports of the Office of Rural Development. 17(C): 125-310.

MULLEN, M. A., A. JONES, R. T. ARBOGAST, J. M. SCHALK, D. R. PATERSON, T. E. BOSWELL and D. R. EARHART. 1980. Field selection of sweet potato lines and cultivars for resistance to the sweet potato weevil. J. Econ. Entomol. 73: 288-290.

MULLEN, M. A., A. JONES, R. DAVIS and G. C. PEARMAN. 1980b. Rapid selection of sweet potato lines resistant to the sweet potato weevil. HortScience 15: 70-71.

ROLSON, L. H., T. BARLOW, T. HERNANDEZ, S. S. NILAKHE and A. JONES. 1979. Field evaluation of breeding lines and cultivars of sweet potato for resistance to the sweet potato weevil. HortScience 14: 634-635.

WADDILL, V. H. and R. A. CONOVER. 1978. Resistance of white-fleshed sweet potato cultivars to the sweet potato weevil. HortScience 13: 476-477.



Le charançon. Le parasite le plus destructif de la patate douce sous les tropiques

L'ELIMINATION DU CHARANÇON DE LA PATATE DOUCE, PAR APPLICATION FOLIAIRE D'INSECTICIDES

V. H. WADDILL
Université de Floride, IFAS, Centre de Recherche et d'Enseignement Agricole, Homestead, Floride, USA.

INTRODUCTION

Le charançon de la patate douce, *Cylas formicarius elegantulus* (Summers), d'abord repéré en 1878 aux Etats-Unis près de la Nouvelle Orléans (Louisiane) s'est répandu depuis dans les Etats du sud. C'est l'insecte le plus nuisible à la patate douce, en Floride et dans les régions côtières du Texas, de la Louisiane, du Mississipi, de l'Alabama et de la Georgie. L'insecte donne entre six et huit générations par an en Louisiane du sud (Cockerman *et al.* 1954) et se montre actif toute l'année au sud de la Floride (Waddill et Conover 1978).

Wolfenbarger et Walker (1974) ont prouvé que les insecticides granulés couramment utilisés pour lutter contre les insectes vivant dans le sol étaient inefficaces contre *C. formicarius elegantulus*. On a cependant observé que des applications foliaires d'insecticides effectuées toutes les trois ou quatre semaines réduisaient fortement leur nombre (Pillai et Magoon 1969 ; Wolfenbarger et Walker 1974 ; Kung *et al.* 1976).

Etant donné l'importance de ce parasite et l'absence de moyens de lutte rentables, des études ont été initiées pour préciser l'efficacité des insecticides contre *C. formicarius elegantulus*. Les résultats de ces études sont présentées dans cette communication.

MATERIELS ET METHODES

Essai de bain parasiticide de la tige

Le 19 juin 1975, on entreprit de plonger des fragments de tige de patate douce de quinze cm, de la variété Nancy Hall dans des solutions insecticides, avant de les mettre à sécher. Les boutures furent ensuite placées dans des cages cylindriques en treillis (hauteur : 17 cm, diamètre : 8,5 cm) et maintenues avec les 2,5 cm de la base de la bouture dans un petit bocal rempli d'eau. Les cages furent placées dans une serre à raison de cinq répétitions par traitement, selon un dispositif complètement au hasard. Dix spécimens de *C. formicarius elegantulus* capturés au champ furent introduits dans chaque cage après le séchage soit après 1, 7, 14, 21, 28 et 35 jours. Le nombre d'insectes morts fut relevé quatre jours après l'introduction.

Etudes en champ

Le cultivar Engordo susceptible à *C. formicarius elegantulus* a été utilisé dans deux essais en champ. Les boutures de tige étaient plantées en lignes séparées de 30,5 cm dans un sol de Rockdale. L'essai 1 fut planté le 26 août 1975 : les parcelles avaient 2,4 m de large et 7,6 m de long et contenaient une seule ligne. L'essai 2 fut planté le 23 juin 1978 : ses parcelles mesuraient 1,8 m de large et 5,10 m de long, avec une seule ligne. Pour les deux essais, un dispositif en blocs

complets au hasard à quatre répétitions fut utilisé. Les traitements étaient appliqués toutes les trois semaines avec un pulvérisateur monté sur tracteur, à cinq jets par ligne et débitant 935 litres du produit préparé ha. Les essais 1 et 2 reçurent respectivement un total de neuf et six applications.

L'essai 1 fut récolté le 26 mars 1976 et un échantillon de 2,7 kg de racines fut prélevé de chaque parcelle. L'essai 2 fut récolté le 9 novembre 1978 et un échantillon de 3,6 kg de racines fut prélevé de chaque parcelle. Les racines prélevées furent conservées à 24° C pendant 30 jours dans des sacs en papier, à la suite de quoi le nombre d'adultes de *C. formicarius elegantulus* qui en sortaient fut compté.

Les résultats ont été analysés pour la variance et les moyennes départagées en utilisant le test des écarts multiples de Duncan ($P < 0,05$).

RESULTATS ET DISCUSSION

Essai de bain parasiticide de la tige

Tous les insecticides testés se sont montrés efficaces contre les adultes de *C. formicarius elegantulus* pendant les 14 premiers jours (Tableau 1). Toutefois, des différences sont apparues 21 jours après l'application. Le phosmet 1S, le méthyl parathion 2F, le permethrin 25WP et l'endosulfan 50WP entraînaient toujours une forte mortalité (Tableau 1). Le Phosmet 1S et le permethrin 25WP possédaient la plus longue remanence.

Le Phosmet 1S et le methyl parathion 2F sont des formules mouillables présentées sous la forme de microcapsules polymériques contenant les insecticides. Le Phosmet 1S causait 100 % de mortalité et le Phosmet 1E, 65 % de mortalité au 28ième jour (Tableau 1), ces résultats prouvant que dans les conditions de la serre le microencapsulage allongeait la remanence du composé.

Tableau 1. Toxicité des boutures de tiges plongées dans un bain d'insecticides sur les adultes de *C. formicarius elegantulus*

Traitement[Z]	Kg m.a.[Y]	% de mortalité après 4 jours[x]					
		Nombre de jours suivant la pose des insectes sur les plants					
		1	7	14	21	28	35
Phosmet 1S	0,45	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Methyl parathion 2F	0,45	100 a	100 a	100 a	82 ab	—[w]	—
Parathion 6E + Chlordane 6E	0,45 + 0,45	100 a	100 a	98 a	54 b	—	—
Permethrin 25WP	0,09	100 a	90 a	92 a	98 a	76 b	51 b
Parathion 8E	0,45	100 a	100 a	90 a	27 c	—	—
Endosulfan 50WP	0,45	100 a	98 a	89 a	96 a	40 c	
Phosmet 1E	0,45	100 a	100 a	87 a	66 b	—	—
Témoin non traité	—	22 b	10 b	21 c	14 c	2 d	0 c

Z : Formules exprimées en livres de matière active US gal

Y : Kg de matière active pour 378,5 litres d'eau

x : Dans les colonnes, les moyennes des traitements suivies de la même lettre ne marquent pas de différences significatives ($p < 0,05$)

w : Boutures détruites par les charançons. Le témoin non traité recevait chaque semaine des boutures fraîches

Etudes en champ

Tous les résultats obtenus par les essais en champ figurent au Tableau 2. Malgré l'absence de différences significatives entre les insecticides appliqués au feuillage dans l'essai 1, seuls les traitements au permethrin 25WP et à l'endosulfan 50WP ont donné des racines complètement indemnes de *C. formicarius elegantulus*. Cependant, il faut remarquer que cet essai fut conduit de septembre à mars, à une époque où la population d'insectes est plus basse que pendant les mois d'été.

L'essai 2 fut conduit pendant l'été et l'automne et quelques adultes émergerent de tous les traitements. Les racines de parcelles traitées au permethrin et à l'endosulfan montraient un nombre d'adultes significativement inférieur à celui du témoin non traité.

Tableau 2. Efficacité des pulvérisations foliaires d'insecticides pour la lutte contre le *C. formicarius elegantulus*

Traitement[Z]	Kg ma/ha	Nombre d'adultes émergeant[Y, x]
	Test 1	
Permethrin 25WP	0.22	0.0 a
Endosulfan 50WP	1.12	0.0 a
Phosmet 1E	1.12	0.8 a
Parathion 8E + Chlordane 8E	1.12 + 1.12	1.0 a
Phosmet 1S	1.12	1.5 a
Methylparathion 2F	1.12	6.8 a
Untreated check	—	16.0 b
	Test 2	
Permethrin 3EC	0.11	1.1 a
Endosulfan 3EC	1.12	2.1 a
Endosulfan 3EC	1.68	4.3 a
Endosulfan 3EC	0.56	5.8 a
Témoin non traité	—	43.9 b

Z Formules exprimées en livres de m.a. par US

Y Nombre d'adultes émergeant de 2.7 et 3.6 kg de racines à partir des essais 1 et 2, respectivement.

x Les moyennes des traitements suivies de la même lettre ne marquent pas de différences significatives ($p > 0.05$)

CONCLUSION

Les résultats de ces deux essais en champ montrent que des applications foliaires d'insecticides diminuent la population de *C. formicarius elegantulus*. Les applications foliaires d'insecticides conjuguées à des techniques culturales adéquates et à des cultivars résistants pourraient contribuer à la production de patates douces commercialisables.

BIBLIOGRAPHIE

COCKERHAM, K. L., O. T. DEEN, M. B. CHRISTIAN and L. D. NEWSOM. 1954. The biology of the sweet potato weevil. La. Tech. Bull. No. 483.

KUNG, S. P., C. Y. SU and R. I. ROSE. 1976. Control of sweet potato weevil, 1975. Insecticide and Acaricide Tests 1:75.

PILLAI, K. S. and M. L. MAGOON. 1969. Studies on chemical control measures for sweet potato weevil, *Cylas formicarius* FB. Indian J. Hort. 26:201-208.

WADDILL, V. H. and R. A. CONOVER. 1978. Resistance of white-fleshed sweet potato cultivars of the sweet potato weevil. HortScience 13:476-477.

VOLFENBARGER, D. O. and S. D. WALKER. 1974. Concerning sweet potato weevil control. Florida Entomol. 57:274.

LES MALADIES VIRALES DE LA PATATE DOUCE ET LEUR ELIMINATION

E. R. TERRY
Institut International d'Agriculture Tropicale, PMB 5320, Ibadan, Nigeria.

INTRODUCTION

Les données concernant les pertes de récolte dues aux maladies virales de la patate douce *(Ipomoea batatas L)* sont généralement peu abondantes. Hildebrand et Cook (1959) ont relevé que les quatre maladies virales reconnues étaient responsables de plus de la moitié du total des pertes grevant la culture des patates douces aux Etats-Unis, soit 20 % de la production totale, toutes causes confondues. En Afrique du Sud, des pertes atteignant 50 % de la récolte ont été attribuées aux maladies virales (Anon 1978). Hahn (1979) a rapporté qu'au Nigéria, le rendement en racines fraîches était réduit de 78 % chez les plants montrant des symptômes de maladie virale et Mukiibi (1977) a signalé qu'en Ouganda, une maladie virale réduisait de 57 % le rendement exprimé en poids ou en nombre de racines.

Les chiffres de perte de récolte cités ci-dessus montrent que les maladies virales de la patate douce peuvent sérieusement limiter la production de la plante. Cet article passe en revue la distribution globale des maladies virales de la patate douce et nos connaissances à leur sujet. Il propose également quelques stratégies de lutte conçues pour réduire les pertes de récolte qu'elles occasionnent.

DISTRIBUTION MONDIALE DES MALADIES VIRALES DE LA PATATE DOUCE

La distribution des maladies virales de la patate douce dans le monde est donnée au Tableau 1. Etant donné que ces maladies de la patate douce ont été caractérisées essentiellement par les relations entre la symptomatologie, la transmissibilité et les vecteurs, il a été difficile de les grouper sur la base de leurs liens avec d'autres maladies virales de la patate douce dans d'autres parties du monde (Terry 1976). Nous avons trouvé, par exemple, qu'une maladie virale décrite comme étant la « mild mottle » de la patate douce en Afrique Orientale (Hollings *et all.* 1976), transmise par greffe, inoculation de sève et par des aleurodes comme vecteur *(Bemisia tabaci)*, est causée par un virus dont les particules sont linéaires et filamenteuses et mesurent 800-950 nm ; et qu'une maladie virale décrite aux Etats-Unis comme étant le « yellow dwarf » (Steinbauer et Kushman 1971), transmise par des vecteurs aleurodes *(Trialeurodes abutolonea* et *B. tabaci)*, est causée par un virus dont la morpholgie n'a pas été décrite.

ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES MALADIES VIRALES DE LA PATATE DOUCE

Symptomatologie et développement de la maladie

Les noms donnés aux maladies virales de la patate douce reflètent les symptômes extériorisés par les racines (craquelure de l'écorce interne et craquelure rousse) ou par le feuillage (« feathery mottle », mosaïque, blanchiment et rayures des nervures, et tâches chlorotiques), ou traduisent des modifications morphologiques du plant : « petite feuille » et balai de sorcière (Nielsen et Terry 1977).

Il est manifeste, cependant, que même si certains virus de la patate douce induisent des symptômes nets et définis au niveau des racines ou du feuillage, ils sont habituellement, mais non obligatoirement, associés à d'autres symptômes mineurs ou passagers de certaines parties aériennes ou souterraines de la plante. Par conséquent, les appellations décernées aux maladies virales de la patate douce ont tendance à davantage attirer l'attention sur les symptômes les plus marqués, à l'exclusion des autres symptômes mineurs mais tout aussi importants pour le diagnostic.

Les différentes procédures de recherche et les réactions variées à des infections complexes impliquant deux maladies virales de la patate douce, ou plus, ont induit une certaine confusion quant à l'étiologie des maladies virales de la patate douce.

Le manque d'information au sujet des virus infectant les patates douces peut être attribué dans une large mesure à l'instabilité relative des virus non-persistants (Martin 1970). A quelques exceptions près, les virus de la patate douce sont difficilement transmissibles manuellement (Hildebrand et Smith 1961) et l'expansion naturelle des virus indique que des vecteurs y jouent leur part; toutefois, un faible nombre de relations vecteur-virus a été étudié (Nielson et Terry 1977).

Morphologie de la particule

La maladie décrite aux Etats-Unis sous le nom de « russet crack » (craquelure rousse) et qui est quelquefois associée à la maladie « feathery mottle » du feuillage, a été attribuée à une particule flexueuse en forme de bâtonnet de 800 nm faisant partie du groupe des potyvirus (Campbell *et all.* 1974). En outre, la maladie décrite aux Etats-Unis sous l'appellation de « feathery mottle complex » (Hildebrand 1960) extériorise d'autres symptômes associés à savoir le nanisme jaune (yellow dwarf), taches sur le liège interne et sur la feuille, et a été attribuée à un virus dont la morphologie de la particule doit encore être décrite. Le virus qui serait responsable du liège interne est dépeint comme polyédrique, mesurant 45-47 nm (Salama *et all.* 1966).

Moyer et Kennedy (1978) ont relaté qu'une culture de « feathery mottle » de la patate douce, isolée à partir de plants montrant des taches chlorotiques entre les nervures et sur celles-ci, était constituée de particules mesurant environ 850 nm de long. En Afrique, Schaefers et Terry (1976) ont mentionné la présence d'un bâtonnet filamenteux non persistant (850 nm) qui est latent dans les plants de patate douce au Nigeria ; dans le même temps, Hollings *et al.* (1976) mentionnaient des particules filamenteuses linéaires, d'une longueur de 800-950 nm, causant des taches, le rabougrissement, ou ne causant aucun symptôme visible chez les patates douces d'Afrique Orientale. Plus tôt, Sheffield (1957) rapportait qu'en Afrique Orientale également, un virus dont la morphologie de la particule n'avait pas été décrite, était connu pour provoquer des symptômes de taches, de rabougrissement et de déformation de la patate.

Relations virus-vecteur

Il a été suggéré que la « feathery mottle » était une maladie causée par un mélange des virus responsables des taches sur les feuilles et du liège interne, qui sont transmis par les aphides, et d'un virus transmis par les aleurodes (Hildebrand 1960).

Tableau 1. Maladies virales de la patate douce

Symptômes	Transmission	Particules virales	Hôte	Région où le travail a été réalisé	Auteurs
Craquelure rousse - lésions transversales sombres avec des craquelures pouvant encercler la racine. Décoloration due à une infection fongique secondaire. Des taches grises/stries peuvent se trouver sur les tiges ou les pétioles.	*Myzus persicae*		*I. Batatas*	U.S.A.	Steinbauer et Kushman (1971)
Craquelure rousse.		Inclusions en forme d'étoiles ou en faisceau, particules filamenteuses.	*I. Batatas* *I. Setosa*	U.S.A.	Lawson, Hearon et Smith (1971).
Craquelure rousse et aussi « feathery mottle »	Greffe *M. persicae*	Particule flexueuse en forme de bâtonnet de 800 nm. Membre du groupe des poty-virus (la craquelure rousse est considérée comme une souche de la « feathery mottle »).	*I. Batatas*	U.S.A.	Campbell, Hall et Mielinis (1974)
Complexe de la « feathery mottle » i. nanisme jaune	Aleurodes *Trialeurodes abutilonea*	Non décrit	*I. Batatas*	U.S.A.	Hildebrand (1960)
ii. écorce interne iii. taches de la feuille	Aphides *M. persicae* Aphides *Macrosiphum solanifolii* et autres.				
Ecorce interne - taches jaunes sur les feuilles jeunes. Taches brun foncé à noires, sur le liège des racines.	Aphid	Non décrit		U.S.A.	Steinbauer et Kushman (1971)
Taches chlorotiques sur la feuille - toujours présentes aussi lorsque du liège interne est présent dans la racine.	Non mentionné (mais voir Hildebrand, 1960)	Non décrit			
Liège interne		Particules polyédriques de 45-47 nm	*I. Batatas*		Salama *et al.* (1966)
Mosaïque de la nervure - Chlorose généralisée, réduction de taille, internœuds courts, feuilles déformées, nervure décolorée, mosaïque.	Mécanique, sève et *M. persicae*	Bâtonnet flexueux 761 × 13 nm	*I. Batatas* et autres convolvulacées	Argentine	Nome (1973)

Tableau 1. Maladies virales de la patate douce *(suite)*

Symptômes	Transmission	Particules virales	Hôte	Région où le travail a été réalisé	Auteurs
Variable - Taches et rabougrissement ou « mild mottle » de la patate douce sans symptôme.	Greffe, inoculation par la sève, aleurodes *Bemisia tabaci*	Particules filamenteuses linéaires, 800-950 nm	*I. Batatas*	Afrique de l'Est	Hollings, Stone et Bock (1976)
Nanisme jaune	Aleurodes *T. abutilonea B. tabaci*	*Non décrit*	*I. Batatas*	U.S.A.	Steinbauer et Kushman (1971)
Blanchiment des nervures de la patate douce ; rabougrissement chlorotique de la patate douce	*M. persicae, Aphis gossypii B. tabacci*	Bâtonnets filamenteux 850 nm non persistants	*I. Batatas* *I. Setosa*	Nigéria	Schaefers et Terry (1976)
deux symptômes séparément latents chez les cultivars de *I. Batatas* testés sous terre, mais apparent chez *I. Setosa*		Non détecté, probablement un virus			
Les deux agents associés produisent de graves symptômes sur *I. Batatas* (variant selon le cultivar) et sur *I. Setosa*.					
Virus A - varie selon le cultivar ; taches chlorotiques ; la mosaïque peut être latente ; tend à être bénigne.	*M. persicae* greffe	Non décrit	*I. Batatas*	Afrique de l'Est	Sheffield (1957)
Virus B - varie selon le cultivar ; rabougrissement, taches, déformation ; plus grave ; a plusieurs souches	*B. tabaci* sève	Non décrit			
Blanchiment des nervures de même que mosaïque, chlorose et rabougrissement (a plusieurs souches)	*B. tabaci* greffe mais pas la sève	Non décrit	*I. Batatas*	Israël	Loebenstein et Harpaz (1960)
Tache annulaire, taches annulaires très marquées, rabougrissement, chlorose	*M. persicae* greffe mais pas la sève	Non décrit			
Rides des feuilles	Non identifié	Peut-être un virus			

Source : PANS Manuel n° 4 - Lutte contre les parasites des cultures à racines tropicales.

Deux aleurodes paraissent capables de transmettre le virus du complexe « feathery mottle ». Il s'agit de *Bemissia tabaci* (Girardeau et Ratcliffe 1960) et de *Trialeurodes abutilonea* (Hildebrand 1960). *Bemisia tabaci* a aussi été signalé comme constituant un vecteur de virus de patate douce en Israel (Lobenstein et Harpaz 1960) et en Afrique Orientale (Sheffield 1957).

Au Nigeria, Schaefers et Terry (1976) ont séparé deux agents infectieux d'un complexe de maladie virale de la patate douce. Le premier était un virus non persistant, transmis activement par les aphides *Myzus persicae* et *Aphis gossypii* et moins activement par *A. citricola*. Ce virus était latent chez la patate docue, mais provoquait un blanchiment prononcé des nervures chez *I. setosa*. Un second agent non identifié, (soupçonné d'être un virus) était transmis par l'aleurode *B. tabaci*. Cet agent causal était également latent chez la patate douce, mais il provoquait une chlorose bénigne chez *I. setosa*. En association, ces deux agents pathogènes provoquaient l'apparition de symptômes graves chez la patate douce.

Un virus fourni par des patates douces au Kenya, en Ouganda et en TAnzanie a été transmis par inoculation de la seve et par *B. tabaci* à des plantules de différentes lignées de patates douces qui différaient considérablement dans leur susceptibilité. Hollings *et al.* (1976) en ont conclu que le virus était une particule filamenteuse, transmise par aleurode (800-950 nm de longueur).

La nature des relations entre les virus de la patate douce décrits dans différentes parties du monde et ceux qui communément transmis par les aphides et les aleurodes comme vecteurs n'est pas connue. La constatation faite par Schaefers et Terry (1976) que l'agent véhiculé par les aphides était latent chez la patate douce dans les conditions de serre au Nigéria et qu'une infection double par les agents véhicules par les aphides et par les aleurodes était nécessaire à l'expression des symptômes par la patate douce, semblent indiquer que certains des syndromes de la maladie virale de la patate douce peuvent résulter d'infections multiples par différents virus. Cette indication est renforcée par le fait que la culture de méristème apical élimine certains symptômes viraux mais pas tous (Alconero *et al.* 1975).

L'utilisation de « boutures enracinées saines » comme plantes tests dans les essais sur les vecteurs de transmission réalisés par certains chercheurs (Clerk 1960) et la preuve d'une infection latente chez les patates douces (Hollings *et al.* 1976 ; Schaefers et Terry 1976 ; Sheffield 1957) suggèrent en outre que les symptômes que l'on croyait provenir virus de la patate douce, pourraient effectivement être le résultat d'une infection multiple ou complexe. Dans ces conditions, l'utilisation de plantes indicatrices sensibles comme *I. setosa* est un préalable indispensable pour toute recherche dans le domaine des maladies virales de la patate douce, car elle permet de séparer les composantes d'une infection complexe.

LA LUTTE CONTRE LES MALADIES VIRALES DE LA PATATE DOUCE

Résistance de la plante hôte

Les variétés de patates douces vont des variétés très susceptibles aux variétés très résistantes à la maladie du liège interne, et la résistance à cette maladie virale est facilement transmise aux descendances de patate douce (Nielsen et Pope 1960). La résistance des patates douces au complexe « feathery mottle » n'a pas été signalée (Martin 1970).

Hahn *et al.* (1981) ont rapporté que dans des essais en champ réalisés au Nigéria en quatre endroits, cinq cultivars de patate douce (TIS 2498, TIS 3228, TIS 3053, TIS 2544 et TIS 2534) ont été évalués pour leur résistance en champ à une maladie virale de la patate douce (MVPD). Une

corrélation élevée entre les résultats obtenus dans l'essai en champ et ceux obtenus en comparant de façon absolue les mêmes cultivars par la méthode de transmission par greffe de racine, a confirmé le niveau de résistance élevé constaté dans les essais en champ.

Des plants individuels de cultivars résistants ont été testés à l'aide de tissus internes virosés et, malgré les symptômes constatés, il était évident qu'ils pouvaient croître avec vigueur et guérir de l'infection (Terry 1979).

Hygiène de la culture

Propagation de la maladie : le mode de multiplication végétative des patates douces constitue un mécanisme très efficace de perpétuation et de dissémination des maladies virales de celles-ci.

Sheffield (1953) estimait que la propagation de la maladie par vecteur en champ était peu importante et que les dégâts les plus graves pouvaient provenir des tiges infectées.

Au Nigeria, bien que d'abondantes populations d'aleurodes et d'aphides aient été élevées en captivité sur des patates douces, les niveaux d'infestation sont plutôt bas, et les degrés de transmission en champ dans l'essai MVPD par ces vecteurs sont également assez bas (Hahn *et al.* 1981). Dans les conditions d'Ibadan (Nigeria), il faut attendre entre une et trois années pour que des descendances de patates douces indemnes de maladies virales commencent à montrer des symptômes graves en champ. Hahn (1979) a souligné que la plupart des plants ne montrant aucun symptôme, utilisés comme témoins indemnes de maladie dans les essais de rendement comparant les plants infectés et les plants indemnes de maladies virales, continuaient à ne montrer aucun symptôme jusqu'à la récolte, quatre mois après la plantation.

Les aphides s'avèrent des vecteurs actifs du liège interne quand ils se déplacent de plant à plant pour se nourrir, dans un champ donné (Martin et Elmer 1961). Cependant, ils paraissent perdre rapidement de leur potentiel infectieux, car leur propagation est très limitée d'un champ infecté vers d'autres champs indemnes de virus, distants d'environ 90 m (Martin et Kantack 1960).

Ceci laisse supposer qu'au moins pour certaines maladies virales de la patate douce, l'homme pourrait être leur principal vecteur, en multipliant des boutures de tiges prélevées sur des plants de patate douce virosés.

Elimination des virus de la patate douce - culture de méristème apical : une méthode d'élimination des virus des cultivars de patate douce est basée sur la constatation que les concentrations virales sont plus faibles dans les extrémités des tiges, et que les symptômes viraux sont parfois éliminés dans les plants provenant de pousses et ou de méristèmes apicaux prélevés sur des plants malades (Hollings 1965). En usant de techniques aseptiques de dissection des pointes de méristème et d'un milieu nutritif stérile pour cultiver des plants issus de ces pointes, ceux-ci sont souvent indemnes de virus. Les rapports à ce sujet mentionnent que des patates douces indemnes de virus ont pu être cultivées à partir de pointes de méristèmes de plants virosés, aux Etats-Unis (Nielsen 1960), au Japon (Mori 1971), en Nouvelle Zélande (Over de Linden et Elliot 1971), à Porto-Rico (Alconero *et al.* 1975) et au Nigeria (Frison 1979).

Les pointes de méristème des cultivars de patate douce ne poussent pas avec la même facilité sur milieu nutritif, et la proportion de plants indemnes peut être faible. Un autre moyen consiste à utiliser la thermothérapie. En cultivant des patates douces infectées à 38°C pendant quatre à douze semaines, il est possible, en utilisant certains cultivars, d'obtenir des plants indemnes de virus (Elliott 1969). Le traitement à la chaleur a été utilisé avec succès pour éliminer le liège interne, le nanisme jaune et les taches chlorotiques, mais pas la craquelure rousse (Anon 1978).

Pour confirmer le caractère non virosé des plants produits à partir de pointes de méristème ou par thermothérapie, tous les plants sont répertoriés en utilisant l'espèce sauvage *I. setosa* comme

plante test. Ceci est réalisé en greffant une pousse de deux feuilles de la patate douce sur *I. setosa* et en la contrôlant pour l'apparition de symptômes viraux. *I. setosa* est une indicatrice sensible et extériorise les symptômes viraux beaucoup plus facilement que la patate douce. Pour que la patate douce puisse être choisie comme plante mère, il suffit qu'elle ait enregistré un indice négatif trois fois pendant une année de croissance (Anon 1978).

Lutte intégrée

On projette d'arriver à un niveau élevé dans le contrôle des maladies virales de la patate douce en conjuguant la résistance de la plante hôte et le matériel de plantation indemne. Le succès d'une telle méthode de lutte dépend dans une large mesure de l'incidence et de l'ampleur de l'infection ultérieure au champ. L'infection en champ est fonction tour à tour de la susceptibilité varietale du matériel de plantation aux maladies virales dominantes et à l'existence de conditions de milieu favorables au développement de la maladie après l'infection.

Hahn *et al.* (1981) ont rapporté que les variétés améliorées de patate douce de l'IITA, qui sont résistantes au MVPD, peuvent aussi produire, sans engrais entre 20 et 30 t/ha de racines fraîches en quatre mois.

Dans les essais en champ, la variété résistante TIS 2499 a présenté un faible taux de susceptibilité aux MVPD et une faible augmentation de fréquence.

La lenteur de propagation de la maladie aux plants indemnes de virus d'une variété résistante rend donc possible une culture indemne de virus produisant une moyenne de 20-30 t/ha, en arrachant les quelques plants qui pourraient être ultérieurement infectés.

BIBLIOGRAPHIE

ALCONERO, R. A. G. SANTIOGO, F. MORALES and F. RODRIGUEZ. 1975. Meristem tip culture and virus indexing of sweet potatoes. Phytopathology 65(7): 769-773.

ANONYMOUS. 1978. Sweet potato diseases. - *In* Pests control in tropical tuber crops. PANS Manual No. 4. Centre for overseas Pest Research, London.

CAMPBELL, R. N., D. H. Hall and N. M. MIELINIS. 1974. Etiology of sweet potato russet crack disease. Phytopathology 64(2): 210-218.

ELLIOT, R. F. 1969. Growth of excised meristem-tips of Kumara, *Ipomoea batatas* (Linn) Poir in axcenic culture. N.Z.J. Bot. 7: 158.

FRISON, E. A. 1979. Production of virus-free plants by meristem tip culture ans a system for international exchange of sweet potato germplasm. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

GIRARDEAU, J. H. Jr and T. J. RATCLIFFE. 1960. The vecto-virus relation-ship of the sweet potato whitefly and a mosaic of sweet potatoes in South Georgia. Plant Disease Reporter 44: 43-50.

HAHN, S. K. 1979. Effects of viruses (SPVD) on growth and yield of sweet potatoes. Expl. Agric. 15: 253-256.

HAHN, S. K., E. R. Terry and K. LEUSCHNER. 1981. Resistance of sweet potato to virus complex (SPVD). HortScience (In press).

HILDEBRAND, E. M. and H. T. COOK. 1959. Sweet potato diseases. USDA Farmers Bull. 1059: 28 p.

HILDEBRAND, E. M. 1960. The feathery mottle virus complex of sweet potato. Phytopathology 50: 751-757.

HILDEBRAND, E. M. and F. F. Smith. 1961. Comparison of aphid and manual methods for transmitting internal cork and associated viruses of the sweet potato. Phytopathology 51: 439-423.

HOLLINGS, M. 1965. Disease control through virus-free stock. Annual Rev. Phytopath. 3:367-396.

HOLLINGS, M., O. M. STONE and K. R. BOCK. 1976. Purification and properties of sweet potato mild mottle, a whitefly-borne virus from sweet potato *(Ipomoea batatas)* in East Africa. Ann. Appl. Biol. 82:511-528.

LAWSON, R. H., S. S. HEARON and F. F. SMITH. 1971. Development of pinwheel inclusion associated with sweet potato russet crack virus. Virology 46(2): 453-463.

LOBENSTEIN, G. and I. HARPAZ. 1960. Virus diseases of sweet potatoes in Israel. Phytopathology 50: 100-104.

MARTIN, W. J. and E. J. KANTACK. 1960. Control of internal cork of sweet potato by isolation. Phytopathology 50: 150-152.

MARTIN, W. J. and O. H. ELMER. 1961. Virus disease research. *In* Twenty years of cooperative sweet potato research 1939-1959. National Sweet Potato Collaborators p. 39-54.

MARTIN, W. J. 1970. Virus diseases. *In* Thirty years of cooperative sweet potato research 1939-1969. Southern Cooperative Series Bull. No. 159. 49-55.

MORI, K. 1971. Production of virus-free plants by means of meristem culture. Japan. Agric. Res. Q. 6(1): 1-7.

MOYER, J. W. and G. G. KENNEDY. 1978. Purification and properties of sweet potato feathery mottle virus. Phytopathology 68: 998-1004.

MUKIIBI, J. 1977. Effect of mosaic on the yield of sweet potatoes in Uganda. In J. Cock, R. MacIntyre and M. Graham (eds) Proc. 4th Symp. Inter. Soc. Trop. Root Crops Cali, Colombia 1976.

NIELSEN, L. W. 1960. Elimination of internal cork virus by culturing apical meristems of infected sweet potatoes. Phytopathology 50: 840-841.

NIELSEN, L. W. and D. T. POPE. 1960. Resistance in sweet potato to internal cork virus. Plant Disease Reporter 44: 342-347.

NIELSEN, L. W. and E. R. TERRY. 1977. Sweet potato. *In* W. B. Hewitt and L. Chiarappa (eds) Plant Health and Quarantine in International Transfer of Genetic Resources. CRC. Press. Ohio. USA. 346 pp.

NOME, S. F. 1973. Sweet potato vein mosaic virus in Argentina. Phytopathologische Zeitschrift 77(1): 44-54.

OVER DE LINDEN, A. J. and R. F. ELLIOTT. 1971. Virus infection in *Ipomoea batatas* and a method for its elimination. New Zealand Agric. Res. 14: 720-724.

SALAMA, F. M., C. M. LYMAN and V. G. WHITEHOUSE. 1966. Isolation of the internal cork virus from sweet leaves having the purple ring structure by use of differential filtration. Phytopathologische Zeitschrift. 57: 89-95.

SCHAEFERS, G. A. and E. R. TERRY. 1976. Insect transmission of sweet potato disease agents in Nigeria. Phytopathology 66(5): 642-645.

SHEFFIELD, F. M. L. 1953. Viruses of sweet potato in parts of Africa. Emp. J. Expl. Agric. 21: 184-189.

SHEFFIELD, F. M. L. 1957. Virus diseases of sweet potato in East Africa. I. Identification of the viruses and their insect vectors. Phytopathology 47: 582-590.

STEINBAUER, C. E. and L. H. KUSHMAN. 1971. Sweet potato culture and diseases. Agriculture Handbook No. 388, 74 pp. ARS, USDA.

TERRY, E. R. 1976. A review of the major pests and diseases of sweet potato with special reference to plant exchange and introduction. African Plant Protection 1(1): 117-133.

TERRY, E. R. 1979. Screening sweet potato for resistance to viruses. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

LES MALADIES VIRALES DE LA PATATE DOUCE ET LA CULTURE DE MERISTEME COMME MOYEN DE LUTTE A TAIWAN

R. J. CHIU, C. H. LIAO et M. L. CHUNG[b]
a Conseil pour la Planification et le Développement Agricoles, 37 Nan Hai Rd, Taipei, Taiwan
b Station Expérimentale d'Agriculture de Chiayi, 2 Min Cheng Rd, Chiayi, Taiwan

INTRODUCTION

Jusqu'à une période récente, les maladies virales de la patate douce ne suscitaient pas beaucoup d'attention à Taiwan. A la Station Expérimentale d'Agriculture de Chiayi (CAES), où des collections variétales de patates douces sont conservées pour les besoins de la sélection, Yang (1972) a examiné les collections et s'est aperçu de la présence d'infection virale. Un examen plus approfondi fut effectué plus tard par Liao (1978), incluant l'observation des symptômes viraux en champ et quelques tentatives d'évaluation par indexation échelonnées sur deux saisons culturales. Cet examen a révélé que 285 variétés sur les 320 étudiées étaient virosées. Le programme de recherche sur les maladies virales de la patate douce qui en est résulté a mis l'accent sur l'identification des virus et la constitution de clones indemnes de virus pour la multiplication. Cette communication passe en revue le travail réalisé dans ce sens et donne une esquisse des résultats des recherches réalisées.

TYPES DE SYMPTOMES VIRAUX EN CHAMP

Au cours d'une enquête générale, Liao (1978) a observé des symptômes viraux présumés chez la plupart des 320 variétés de patates douces conservées à la Station Expérimentale d'Agriculture de Chiayi. Ces symptômes ont été catalogués en taches jaunes, taches pourpres et anneaux pourpres, marbrures et « feathery mottle », mosaïque, plissement et enroulement des feuilles. Les taches jaunes et les anneaux pourpres ont été observés respectivement chez 190 et 183 variétés ; il y avait toutefois un certain chevauchement des symptômes et la plupart des variétés montraient les deux types de symptômes à différentes positions de la feuille et à différentes saisons. Des 116 variétés atteintes de « feathery mottle », 108 montraient également des taches jaunes, des anneaux pourpres ou les deux. L'enroulement des feuilles s'est avéré être un autre type de symptôme prédominant, isolé ou en combinaison avec d'autres symptômes chez 185 variétés. La mosaïque a été observée chez 20 variétés et le plissement de la feuille chez 18 variétés, associés à d'autres symptômes. Liao a également tenté de transmettre le virus de variétés, manifestant ou non des symptômes, à des plantes indicatrices d'*Ipomoea setosa* ou d'*I. hederace* par inoculation mécanique ou par greffage. Sur les 13 variétés testées, la transmission a réussi chez 68 variétés qui développèrent des symptômes. Sur 12 plantes exemptes de symptôme une montrait également une réaction positive par rapport à ces plantes indicatrices.

DEUX VIRUS DE LA PATATE DOUCE TRANSMISSIBLES PAR LA SEVE

Deux virus transmissibles par la sève, appelés SPV-A et SPV-N, ont été isolés à partir de plants de Tainung 63 ayant comme symptômes des taches chlorotiques entre les nervures (Liao *et al.* 1979 a, 1979 b). Les deux virus ont été facilement transférés par frottage de feuilles à *Chenopodium quinoa* et à certaines espèces d *Ipomoea*. On peut les différencier par leurs symptômes et la transmissibilité par les aphides. Les descriptions suivantes des deux virus de la patate douce proviennent principalement de Chien (1979) et de Liao *et al.* (1979 a).

SPV-A

Ce virus a un éventail d'hôtes réduit, ce qui correspond à d'autres virus de la patate douce transmis par les aphides et décrits par divers chercheurs (Nome 1973, Campbell *et al.* 1974; Moyer et Kennedy 1978). Suite à une inoculation mécanique, les jeunes plants de Tainung 63 ont développé des taches chlorotiques systématiques en 8-10 jours. Ces taches n'étaient pas bien distinctes et leurs bords étaient mal définis. Elles s'effaçaient habituellement en 1-2 semaines après leur première apparition. Chez le cultivar Hung-hsin-wei à pigment violet, les taches chlorotiques sont apparues aussi dans les conditions de la cage en filet, mais, en champ, les principaux symptômes consistaient en taches annulaires violettes. Le blanchiment ou le jaunissement des nervures n'a pas été observé sur cette variété, ainsi que sur les autres variétés testées.

Chez *I. nil*, on a observé le jaunissement systématique des nervures : d'abord les grandes nervures environ 6-8 jours après l'inoculation ; les petites nervures ont été atteintes ensuite, donnant ainsi un aspect de petites taches plumeuses caractéristiques. Des taches systématiques jaunes de différentes tailles se sont formées au bout de quatre semaines environ après l'inoculation sur les 6ème à 8ème feuilles à compter de la première paire de feuilles qui avait reçu l'inoculation. Ces lésions se sont effacées et, plus tard sont devenues invisibles. Les jeunes feuilles émises ensuite ne montraient pas de lésions. Les plants infectés étaient légèrement rabougris. Des symptômes similaires ont été observés chez *I. setosa* et *I. hederacea*.

Les feuilles inoculées de *C. quinoa* et de *C. amaranticolor* développaient des taches chlorotiques, d'un diamètre de 2-5 mm, en 6-8 jours environ. Les lésions plus anciennes de la seconde espèce devenaient souvent rouges, mais la nécrose n'apparut chez aucun hôte.

Les réactions d'autres plantes testées avec le SPV-A sont données au Tableau 1.

On a observé que l'aphide de la pêche verte *(Myzus persicae)* transmettait le SPV-A d'une manière non-persistante. Un temps d'acquisition de 0,5-2 minutes produisait un taux de transmission plus élevé (60-80 %) que celui obtenu en accordant à l'aphide d'une période d'acquisition de cinq minutes ou plus (0-30 %) (Liao *et al.* 1979 a). Dans des essais ultérieurs, la transmission était aussi atteinte en utilisant comme vecteur l'aphide du cotonnier *(Aphis gossypii)* mais pas le *Rhopalosiphum maidis* (Liao, données non publiées). Les semences récoltées sur l'*I. nil* et sur des plants de patate douce infectés ne transmettaient pas le virus (Liao *et al.* 1979 a).

SPV-N

Ce virus paraît latent ou presque chez la plupart des variétés de patate douce. Le cultivar Hong-hsin Wei ne montrait pas de symptômes viraux. Le « mild mottling » et le jaunissement des nervures ont été observés sur des plants de Tainung 63 environ quatre semaines après l'inoculation. Chez *I. nil*, SPV-N provoque des pointillés vert pâle le long des nervures et un léger jaunissement des nervures des feuilles déployées. Les zones à pointillés étaient irrégulières, quelquefois

Tableau 1. Réactions de diverses espèces végétales, inoculées sous serre avec SPV-N et SPV-A

Plante test	Réaction[z]	
	SPV-N	SPV-A
Amaranthaceae		
Amaranthus spinosus	–	–
Celosia cristata	–	–
Gomphrena globosa	–	–
Balsaminaceae		
Impatiens balsamina	–	–
Caryophyllaceae		
Dianthus chinensis	–	–
Chenopodiaceae		
Chenopodium amaranticolor	L, Ns	L, Cs
Chenopodium quinoa	L, Ns	L, Cs
Chenopodium murale	L, Ns	L, Cs
Spinacia oleracea	–	–
Compositae		
Cosmos bipinnatus	–	–
Calendula officinalis	–	–
Tagetes crecta	–	–
Cruciferae		
Brassica chinensis	–	–
Brassica rapa var *perriridis*	–	–
Raphanus sativus	–	–
Cucurbitaceae		
Cucumis metuliferus	–	–
Momordica balsamina	–	–
Convolvulaceae		
Ipomoea bona-nox	–	–
Ipomoea hederacea	–	S, Vd
Ipomoea obscura	–	S, Vd
Ipomoea ramouri	–	S, Vd
Ipomoea nil	S, Vs, Vn, R	S, Vd, Vn, Cs
Ipomoea setosa	S, Vc, Vn	S, Vd, Cn, Cs
Ipomoea reptans	–	–
Quamoclit vulgaris	–	–
Gramineae		
Avena byzantina 'Coast Black'	–	–
Avena sativa 'Clintland'	–	–
Hordeum vulgare 'Moreval'	–	–
Sorghum bicolor 'Rio'	–	–
Sorghum halepense	–	–
Triticum aestivum	–	–
Labiatae		
Salvia splendens	–	–
Leguminosae		
Glycine max 'Bragg'	–	–
Phaseolus vulgaris 'Bountiful'	–	–
Pisum sativum 'Perfected Wales'	–	–
Trifolium repens 'New Zealand'	–	–
Trifolium pratense 'Kenlend'	–	–
Mirabilis jalapa	–	–
Solanaceae		
Capsicum annuum	–	–
Lycopersicum esculentum 'Marglobe'	–	–
Lycium chinense	–	–

Tableau 1. Réactions de diverses espèces végétales, inoculées sous serre avec SPV-N et SPV-A *(suite)*

Plante test	Réaction[z]	
	SPV-N	SPV-A
Nicotiana alata	–	–
Nicotiana benthamiana	S, Mt, Mo, N	–
Nicotiana debneyi	L, Cs	–
Nicotiana glauca	–	–
Nicotiana glutinosa	–	–
Nicotiana megalosiphon	S, Mt	–
Nicotiana rependa	L, Cs	–
Nicotiana rustica	–	–
Nicotiana sylvestris	–	–
Nicotiana tabacum 'Judy's Pride'	L, Cs	–
Nicotiana tabacum 'Turkish'	–	–
Nicotiana tabacum 'Samsun 15 A'	Sc	–
Nicotiana tabacum 'Xanthi NC'	Sc	–
Nicotiana tabacum 'Hicks'	L, Cs	–
Nicotiana tabacum 'Havana'	L, Cs	–
Nicotiana tabacum 'V 20'	–	–
Nicotiana tabacum 'Van Hicks'	–	–
Petunia hybrida	–	–
Physalis floridana	–	–

Légende des réactions

– = réaction négative; S = systémique; R = Guérison; L = Locale; N = Nécrose; Cs = tache chlorotique; Mo = Mosaïque; Mt = Petites taches; Ns = Tache nécrotique; Sc = Porteur sans symptôme; Vd = Jaunissement diffus de la nervure; Vc = Blanchiment de la nervure; Vn = Nervures entrelacées; Vs = Tache chlorotique des nervures

discontinues et disposées d'un seul côté le long de la nervure. Elles présentaient des bords nets. Les feuilles supérieures ne montraient habituellement pas des symptômes. Les réactions d'*I. setosa* et d'*I. hederacea* étaient similaires à celles d'*I. nil*. Toutefois, dans des conditions d'inoculation identiques, on obtenait d'ordinaire un taux d'infection plus bas pour les deux premiers.

C. quinoa présentait des lésions chlorotiques locales, d'un diamètre de 3-5 mm, dans les 4-6 jours suivant l'inoculation avec SPV-N. Les lésions étaient également produites sur *C. amaranticolor* qui, cependant, était moins susceptible comme plante test que *C. quinoa* et qui donnait des relevés de comptage moins élevés, avec le même inoculum. Chez les deux hôtes, les lésions devenaient nécrotiques en vieillissant.

Le SPV-N se distinguait des autres virus de la patate douce par le fait qu'il infectait des plants de *Nicotiana* qu'il ne sont pas hôtes d'autres virus connus de la patate douce. Chez *N. benthamiana*, des symptômes systémiques se développaient 4-6 jours après l'inoculation. Les feuilles infectées montraient de petites taches, de la chlorose entre les nervures, un plissement, et une déformation plus ou moins prononcée. Une souche particulièrement virulente provoquait aussi de la nécrose de zones disposées au hasard le long des nervures. Aucune nécrose n'était observée avec une souche bénigne (Chien 1979). En travaillant avec une souche virulente, Chien put déterminer la prolifération du virus chez *N. benthamiana* et établir que le pic de concentration du virus se situait au 7ème jour après l'inoculation. *N. megalosiphon*, infecté, montrait aussi de petites taches systémiques, mais il s'est avéré moins susceptible que *N. benthamiana*. Plusieurs plantes du genre *Nicotiana*, comprenant *N. debneyi* et *N. tabacum*, réagissait à SPV-N en produisant des lésions chlorotiques vagues sur les feuilles inoculées (Tableau 1).

La transmission du SPV-N n'a pas été obtenue avec *N. persicae* comme vecteur ou en utilisant des graines récoltées sur des plants d'*I. nil* infectés (Chien 1979; Liao *et al.* 1979 a).

COMPARAISON DE SPV-A ET DE SPV-N AVEC D'AUTRES VIRUS CONNUS DE LA PATATE DOUCE

SPV-A et SPV-N ont tous deux des particules virales filiformes d'un diamètre d'environ 12 nm. Des mesures antérieures de la longueur de la particule donnent une gamme de 850-900 nm pour SPV-A et de 800-870 nm pour SPV-N en préparations immergées. La longueur modale se situe à 830-880 nm pour les deux virus. Des échantillons partiellement purifiés de SPV-N ont montré une gamme de longueur de 750-800 nm (Chien 1979). Toutefois, ces valeurs se basent vraissemblablement sur un nombre plutôt limité d'observations et demandent, par conséquent, à être confirmées. La morphologie de la particule ainsi que la transmissibilité par les aphides selon un mode non persistant (Liao et Chung 1979) semblent constituer un motif légitime pour ranger le SPV-A dans le groupe des virus-y de la pomme de terre.

Certaines des propriétés *in vitro* des deux virus SPV-A et SPV-N ont été déterminées (Chien 1979 ; Liao *et al.* 1979). Le SPV-A montrait un point de fin de dilution de 10^{-3} — 10^{-4} et un point thermique d'inactivation de 50-60° C ; il perdait sa nature infectieuse dans de la sève diluée au 1 :100 après 24 heures à 25° C. Le SPV-N avait un point de fin de dilution de 10^{-2} — 10^{-} et un point thermique d'inactivation de 55-60° C ; il perdait également son caractère infectieux en 24 h. à 25° C.

SYMPTOMES D'ENROULEMENT DE LA FEUILLE CAUSES PAR UN AGENT TRANSMISSIBLE PAR LES ALEURODES

En utilisant un aleurode *(Bemisia tabaci)* comme vecteur, un agent pathogène responsable de l'enroulement et du gaufrage de la feuille a pu être transmis avec succès à l'*I. nil* et à l'*I. seotsa*, et à 63 plants sains de Tainung 63 obtenus par culture du méristème apical, à partir de 63 plants malades de Tainung 63. Un léger gonflement des nervures a été observé sur la partie inférieure des feuilles malades. Les feuilles des plants infectés étaient fortement enroulées vers le haut (chez la patate douce) ou vers le bas (chez *I. nil* et *I. setosa*) et les plants étaient très rabougris (Liao *et al.* 1979). Ces symptômes étaient prononcés seulement chez les jeunes plants, en été, de mai à septembre, et les essais de transmission réalisés au cours des autres mois ont souvent donné des résultats négatifs (Liao et Chung, données non publiées).

Les aleurodes se sont avérés des vecteurs inefficaces pour l'agent de l'enroulement des feuilles. Des transmissions réussies n'ont été obtenues que lorsqu'un grand nombre d'insectes, 100 individus ou plus, étaient utilisés par plant testé, après avoir eu accès aux plants constituant la source de contamination pendant 24 h. Des tentatives pour transmettre l'agent pathogène, porté par les aleurodes, par des moyens mécaniques, ont échoué (Liao et Chung, résultats non publiés).

Yang (1972) a signalé la transmission, par *B. tabaci*, d'une maladie de plants de patate douce qui montrait un blanchiment des nervures et des symptômes de « feathery mottle », à des jeunes plants issus de graines. La maladie consécutive à ce test de transmission n'a pas été décrite en détails.

LA CULTURE DE MERISTEME POUR PROTEGER LES CULTIVARS DE PATATE DOUCE DE L'INFECTION VIRALE

Conscient de l'incidence élevée des maladies virales dans ses collections variétales (Liao 1978), la CAES a initié, en 1978, un programme de culture de méristèmes pour tenter d'éliminer les virus de certains cultivars de valeur. Les cultures de méristèmes provenaient des cultivars

Tableau 2. Comparaison de quelques propriétés de SPV-A et de SPV-N avec d'autres virus connus de la patate douce

Propriétés	SPV-A	SPV-N	FMV[z]	RC-FMV[y]	VMV[x]	Sheffield (1958)		MMV[w]	Lobenstein[v]	
						A	B		VCV	RSV
Transmission par moyens mécaniques	+	+	+	+	+	−	+	+	−	−
Myzus persicae	+	−	+	+	+	+	−	−	−	+
Aphis gossypii	+	−	+	+				−		
Rhopalosiphum maidis	−	−	−			−	−	−		
Bemisia tabaci	−	−	−		−	−	+	+	+	−
Eventail des hôtes										
Amaranthaceae	−	−	−	−		−	+	+		
Chenopodiaceae	+	+	−	+	−	−	−	+		
Compositae	−	−	−	−	−	−	−	+		
Convolvulaceae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Solanaceae	−	+	−	−	−	−	+	+	−	
Hôte de lésions localisées										
Chenopodium amaranticolor	+	+	−	+	−	−	+	+		
Gomphrena globosa	−	−	−			−	+	+		
Nicotiana glutinosa	−	−	−		−	−	−	−		
Propriétés *in vitro* point de fin de dilution	10^{-3} -10^{-4}	10^{-2} -10^{-3}	10^{-3} -10^{-4}	10^{-3} -10^{-4}	10^{-4} -10^{-5}			10^{-2} -10^{-3}		
Point thermique d'inactivité (°C)	55-60	60-65	60-65	60-65	62-65			55-60		
Vieillissement (jours)	1	1	1	1	10-20	3-7				
Morphologie de la particule	filamenteuse	filamenteuse	filamenteuse	filamenteuse	filamenteuse			filamenteuse		
Longueur de la particule	830-880	830-880	800-850	810-860	760-770			950		

FMV = « Feathery mottle virus » (Moyer et Kennedy 1978).
RC-FMV = Souche de la craquelure rousse du virus des petites taches plumeuses (Campbell *et al.* 1974 ; Moyer *et al.* 1980).
VMV = Virus de la mosaïque des nervures (Nome 1973).
MMV = Virus des petites taches bénignes (mild mottle) (Hollings et Bock 1976).
VCV = Virus du blanchiment des nervures.
RSV = Virus des taches annulaires (Loebenstein et Harpaz 1960).
SPV-N = Une mesure plus récente, faite par les auteurs, des particules de SPV-N en préparation immergée donnait une longueur modale de 700-750 nm.

Tainung 63, Tainung 57, Tainung 64, Okinawa 100 et Hung-Hsin Wei, dont on avait prélevé des tissus de l'extrémité de pousses, d'une longueur de 0,3 à 0,6 mm, sur des plants préalablement exposés à 38-40°C pendant environ un mois. Un fort pourcentage des jeunes plants produits de cette façon a été classé indemne de virus (Liao et Chung 1979). Par exemple, 16 des 24 plants de Tainung 63 issus de culture de méristème ont été jugés indemnes de SPV-A et de SPV-N, après avoir été testés sur *I. nil* et *C. quinoa*, alors que les plants d'origine étaient porteurs des deux virus, peut-être associés à plusieurs autres.

Les plants issus de cultures de méristèmes et catalogués comme indemnes de virus étaient plus vigoureux que les plants dont ils provenaient. Dans un essai sous filet, les plants indemnes de virus de cultivar Tainung 63 ont donné un rendement de 19,6 t/ha de racines fraîches et de 9,2 t/ha de feuillage, comparés à 12,9 et 7,5 t/ha respectivement pour les plants infectés. Les plants sains d'Okinawa 100 ont produit 14,5 t/ha de racines fraîches et 7,9 t/ha de feuillage, alors que les plants infectés donnaient des rendements de 6,4 t/ha et 6,4 t/ha respectivement. Dans un essai en champ, les rendements en tubercules des plants indemnes de Tainung 57, Tainung 63, Okinawa 100 et Hong-Hsin Wei, ont été respectivement de 28,1 ; 25,3 ; 20,2 et 49,3 t/ha. Les plants de ces cultivars infectés par un complexe viral ont produit 24,5, 35,6, 30,5 et 31,7 % de moins, respectivement. La réduction du rendement en tiges et feuilles était moins marqué (Liao et Chung 1981).

Un autre essai de rendement fut conduit par Liao (résultats non publiés) pour comparer des plants indemnes de virus de différents cultivars à des plants infectés, soit par un virus connu, soit par un complexe viral. Les résultats n'ont pas montré de différence significative de rendement entre les plants sains et les plants infectés par SPV-A ou SPV-N ou par les deux. Un rendement significativement inférieur en tubercules a été obtenu à partir des plants qui avaient été utilisés pour la culture de méristèmes et qui, vraisemblablement, était porteurs d'un complexe viral.

Liao et Chung (1981) ont également déterminé l'effet de l'infection virale sur le contenu en matières sèches, en protéines brutes et sur la lecture du réfractomètre pour la teneur en sucres des plants de patate douce. Toutes ces valeurs étaient plus élevées chez les plants porteurs d'un complexe viral que chez les plants sains.

DISCUSSION

La production des patates douces à Taïwan est caractérisée par la dispersion de petites fermes sur toute l'île. Aucune enquête systématique sur l'incidence des virus au niveau des champs paysans n'a été réalisée. Bien que la forte incidence des maladies virales dans les collections variétales de la CAES (Liao 1978) ne traduise pas forcément l'ampleur du problème de pathologie posé dans les plantations commerciales, on estime que l'infection virale doit être très étendue, compte tenu du mode de multiplication asexué de la patate douce, et que les quelques cultivars principaux sont exploités par les agriculteurs depuis de nombreuses années sans renouvellement régulier. Aucun système de certification n'existe au niveau du gouvernement pour protéger les patate douces des agents pathogènes à l'origine des maladies systémiques, les virus y compris.

Apparemment, certains cultivars de patate douce exploités sur cette île ont probablement hébergé un complexe de virus. Un élément probant est fourni par l'essai sur le terrain conduit par Liao (Résultats non publiés), qui a observé un rendement en racines de réserve qui n'était pas significativement différent entre les plants sains et les plants infectés par le SPV-A, le SPV-N ou par les deux. Leur rendement était cependant significativement plus élevé que celui des plants infectés montrant des symptômes plus graves et portant probablement des virus additionnels provenant d'infection naturelle contractée lors des saisons culturales précédentes. Il est évident

que par rapport au SPV-A ou au SPV-N, la présence des autres virus a pu agir sur le rendement dans une proportion plus forte. Un autre élément probant est que l'inoculation de certains cultivars, notamment Okinawa 100, avec soit le SPV-A soit le SPV-N ou avec les deux, n'a pas provoqué de symptômes ressemblant à ceux des plants malades ordinaires. A ce niveau, les éléments responsables de la réduction du rendement devraient être identifiés et isolés.

Des deux virus de la patate douce transmissibles par la sève mentionnés ci-dessus, le SPV-A est probablement étroitement lié au virus de la « feathery mottle » de la patate douce ou de ses souches (Campbell *et al.* 1974 ; Moyer et Kennedy 1978 ; Moyer *et al.* 1980), si l'on tient compte de la morphologie de la particule, de la transmissibilité par les aphides selon un mode non persistant, de l'éventail des hôtes et de certaines propriétés *in vitro*. Le fait que le SPV-A n'induise que des tâches chlorotiques chez les cultivars en essai, tels que Tainung 63 et Okinawa 100, ne doit pas l'empêcher d'être classé dans le groupe de virus de la « feathery mottle » si le consensus est acquis sur ce qu'avançaient Campbell *et al.* (1974).

Le SPV-N paraît être différent de tous les autres virus de la patate douce dont il a été question jusqu'ici. Bien qu'il ressemble au virus, apporté par les aleurodes, de la « mild mottle » de la patate douce (Hollings *et al.* 1976 ; Hollings et Bock 1976) en ce qu'il infecte *C. amaranticolor*, *C. quinoa* et plusieurs espèces de *Nicotiana*, il existe cependant de grandes différences. Le virus de la « mild mottle » selon Hollings induit des taches nécrotiques aussi bien que le blanchiment systématique des nervures, les petites taches sur les feuilles, le gaufrage et le rabougrissement de la plante chez *N. glutinosa* et *N. tabacum*. Par contre, la première espèce n'était pas infectée par le SPV-N, tandis que la seconde réagissait à ce dernier en montrant une chlorose localisée, et ce uniquement sur les feuilles inoculées. La recherche sur les aspects sérologiques et sur l'éventuelle transmission par vecteur du SPV-N progresse.

BIBLIOGRAPHIE

CAMPBELL, R. N., D. H. HALL and N. M. MIELINIS. 1974. Etiology of sweet potato russet crack disease. Phytopathology 64 : 210-218.

CHIEN, I-CHUNG, 1979. Studies on sweet potato viruses in Taiwan. (In Chinese with English summary). M. S. Thesis. National Chung Hsing University, Taichung, 50 pp.

HOLLINGS, M. and K. R. BOCK. 1976. Sweet potato mild mottle virus. *In* Harrison, B. D. and A. F. Murant (eds) C.M.I. A.A.B. Descriptions of Plant Viruses. No. 162.

HOLLINGS, M. and O. M. STONE. 1976. Purification and properties of sweet potato mild mottle, a white-fly borne virus from sweet potato *(Ipomoea batatas)* in East Africa. Anna. Appl. Biol. 82 : 511-528.

LIAO, C. H. 1978. A preliminary study of sweet potato virus diseases in Taiwan. (in Chinese). A progress report submitted to JCRR from the Chiayi Agric. Expt. Sta., Chiayi, Taiwan. Mimeographed.

LIAO, C. H. and M. L. CHUNG. 1979. Shoot tip culture and virus indexing in sweet potato. (In Chinese with English summary). J. Agric. Res. China. 28 : 139-144.

LIAO, C. H. and M. L. CHUNG. 1981. Effect of virus infection on the yield and quality of sweet potatoes. (In Chinese). Unpublished.

LIAO, C. H., I. C. CHIEN, M. L. CHUNG, R. J. CHIU and Y. H. HAN. 1979a. A study of sweet potato virus disease in Taiwan. I. Yellow spots. (In Chinese with English summary). J. Agric. Res. China 28 : 127-138.

LIAO, C. H., I. C. CHIEN, M. L. CHUNG, Y. H. HAN and R. J. CHIU. 1979b. 1 · ap-transmissible sweet potato viruses occurring in Taiwan. a. Identification and some *in vitro* properties. *In* U.S.-China Joir' Seminar on Virus Disea :s of Fruit and Vegetable Crops. Homestead, Florida, August 15-17, 1979.

LOEBENSTEIN, G. and I. HARPAZ. 1960. Virus diseasc, of sweet potatoes in Israel. Phytopathology 50: 1001-104.

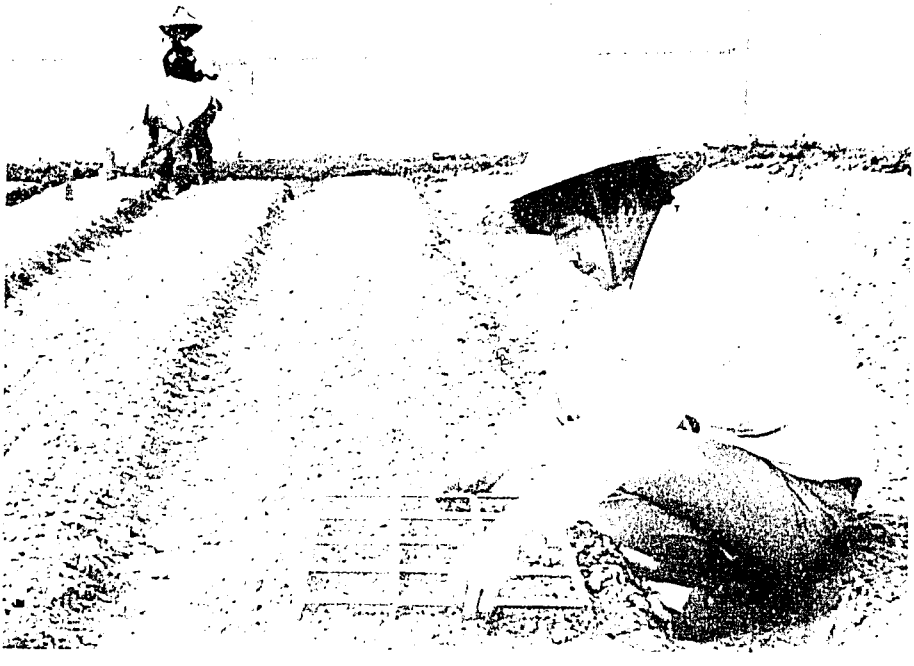
MOYER, J. W. and G. G. KENNEDY. 1978. Purification and properties of sweet potato feathery mottle virus. Phytopathology 68: 998-1004.

MOYER, J. W., B. B. CALL, G. G. KENNEDY and M. F. ABOU-GHADIR. 1980. Identification of two sweet potato feathery mottle virus strains in North Carolina. Plant Disease 64: 762-764.

NOME, S. F. 1973. Sweet potato vein mosaic virus in Argentina. Phytopatho-logische Zeitschrift 77: 44-54.

SHEFFIELD, F. M. L. 1958. Virus diseases of sweet potato in East Africa. II. Transmission to alternative hosts. Phytopathology 48: 1-6.

YANG, I. L. 1972. Transmission of the feathery mottle complex of sweet potato in Taiwan. (in Chinese with English summary). Taiwan Agric. Quarterly 8: 123-134.



Préparation d'une couche de semis à l'AVRDC pour le criblage de plants

LE TRAITEMENT DES MALADIES POST-RECOLTE DES PATATES DOUCES

James W. MOYER
Departement de Phytopathologie, Université d'Etat de Caroline du Nord, Raleigh, NC 27650, USA.

INTRODUCTION

Les patates douces, *Ipomoea batatas (L) Lam*, sont cultivées à des fins variées. Aux Etats-Unis et ailleurs, elles sont utilisées essentiellement pour l'alimentation humaine à cause de leur valeur nutritive élevée. Sans parler des hydrates de carbone, elles sont riches en vitamines ; les cultivars à chair tachetée d'orange sont particulièrement riches en vitamine A. Dans beaucoup de pays, les racines et le feuillage sont utilisés pour l'alimentation des animaux. Les usages industriels pour la production d'amidon et d'éthanol ont connu récemment un regain d'intérêt. Le degré d'intérêt que les cultivateurs portent aux opérations post-récolte dépend largement de l'utilisation qui est envisagée. Quoiqu'il en soit, presque tous ceux qui produisent des patates douces doivent conserver les racines récoltées pendant un certain temps après la récolte. Les pertes d'origine pathologiques peuvent intervenir quelle que soit la brièveté de la période de conservation. Certaines des maladies les plus dévastatrices frappent quelques heures après l'arrachage. Par exemple, la pourriture molle bactérienne, causée par *Erwinia chrysanthemi*, peut détruire une racine entière en 48 h après l'infection si les conditions sont favorables.

Les problèmes de maladies peuvent être spécifiques à chaque usage envisagé. Chaque usage impose une période différente de stockage des racines. L'impact des maladies liées à la conservation peut être réduit si les patates douces sont cultivées, dans un climat tropical, par des agriculteurs autoconsommateurs. Dans de telles conditions, la culture continue permet l'utilisation de racines fraîchement récoltées. Inversement, là où les patates douces sont cultivées comme une plante annuelle, dans un climat tempéré, il peut être important de conserver les racines pendant plusieurs mois, d'autant plus que les planteurs essaient naturellement de tirer profit des périodes de grande commercialisation, comme les jours de fête, afin d'obtenir un bénéfice supplémentaire. Comme la commercialisation devient plus perfectionnée et que la concurrence entre les denrées augmente, il est devenu nécessaire de conserver pendant plusieurs mois la fraîcheur que le produit avait à la récolte. De plus, les consommateurs exigent un approvisionnement constant et acceptent difficilement les fluctuations saisonnières. Les mêmes facteurs s'appliquent à la production pour la conserverie, qui doit pouvoir bénéficier d'un approvisionnement sur une période de temps suffisamment longue pour rentabiliser le travail investi. Les industriels ont également besoin d'un approvisionnement sur lequel ils peuvent compter et d'une qualité acceptable.

Les cultivateurs qui comptent sur les racines comme source de « semences » sont également affectés par les maladies post-récolte de la patate douce. Les racines utilisées pour la production de rejets, destinés à être transplantés en champ pour produire des racines à leur tour, seront désormais désignés dans cette communication sous l'appellation de « semences ». On insistera jamais trop sur la nécessité d'utiliser des semences de bonne qualité. Certaines des maladies qui apparaissent pendant la conservation sont en fait présentes — bien qu'indécelables — à l'intérieur ou à la surface de semence. L'exemple classique de ce genre de maladie est la pourriture noire, causée par *Ceratocystis fimbriata* Ellis et Halsted. Cependant, d'autres maladies causées par des champignons, des bactéries et des virus peuvent également provenir des semences utilisées pour la multiplication. Il est évident que quiconque produit des patates douces, pour quelque usage que ce soit, devrait être conscient des pertes potentielles dues aux maladies après la récolte.

MALADIES

Un traitement efficace de la maladie devrait être intégré aux méthodes culturales. Il est souvent possible de réduire l'impact des maladies post-récolte des patates douces en améliorant les pratiques de production. Prévenir est meilleur — et moins coûteux — que soigner. Pour appuyer cette hypothèse et pour s'aligner sur une approche intégrée de la lutte contre les maladies post-récolte, celles-ci ont été classées ici selon un système basé sur les relations entre le moment le plus probable et l'infection et les étapes critiques de la production. Cette démarche se justifie par le fait qu'à partir de l'instant où la plupart des maladies post-récolte deviennent apparentes, la mise en œuvre de mesures de lutte est faite en pure perte. Le sujet de cette communication est de traiter des maladies qui surviennent, après la récolte, pendant la conservation. Il est ainsi possible de classer les maladies en trois catégories, d'après la position de l'infection initiale par rapport au moment de la récolte (c'est-à-dire le moment auquel l'infection se situe au cours de la production, fournissant l'inoculum de l'épidémie qui se développera pendant la conservation). Ces catégories sont les suivantes: 1) les maladies contractées avant la récolte, 2) les maladies contractées pendant que se déroule la récolte, et 3) les maladies contractées pendant la conservation et l'expédition. Ces subdivisions ne devraient pas impliquer d'affinités étiologiques ou d'autres affinités biologiques au sein de chaque groupe. Cela ne signifie pas non plus qu'elles soient mutuellement exclusives (Tableau 1).

Tableau 1. Liste des maladies de la conservation, son agent pathogène et son appellation courante. Le moment de l'infection par rapport à celui de la récolte est indiqué afin de faciliter la mise en œuvre des moyens de lutte

Agent pathogène / Maladie	Nom courant	Moment de l'infection		
		Pré-récolte	Récolte	Post-récolte
FUNGI				
Ceratocystis imbriata	Pourriture noire	**	*	*
Diplodia tuberculata	Pourriture noire de Java	*	**	*
Monilochaetes infuscans	Pellicules	**	*	*
Macrophomina phaseolina	Pourriture charbonneuse		**	
Rhizopus stolonifer	Pourriture molle		**	**
Diaporthe batatistis	Pourriture sèche		*	
Fusarium oxysporum	Pourriture superficielle		**	
Fusarium solani	Pourriture de la racine		**	
BACTERIA				
Erwinia chrysanthemi	Pourriture bactérienne	**	**	**
NEMATODE				
Meloidogyne spp	Nœuds de la racine	**		
VIRUS				
Uncorinu	Légèreté	**		

** Indique l'époque la plus probable de l'infection primaire et celle à laquelle la lutte doit intervenir dans le cycle de production.
* Indique l'époque à laquelle de nouvelles infections ou une extension à partir des racines déjà infectées peuvent se produire.

Avant de nous engager dans le chapitre des recommandations de lutte détaillées pour chaque type de maladie, il est bon d'examiner le cycle des maladies, pour chaque classe. Cette liste n'est pas exhaustive, elle envisage au contraire de traiter un nombre limité d'exemples. Les maladies de la patate douce ont été passées en revue à de nombreuses reprises (Halsted 1890; Harter et Weimer 1929; Chupp et Sherf 1969; Steinbauer et Kushman 1971) et quelques unes des plus notoires sont reprises au Tableau 1.

Infection avant la récolte

Plusieurs maladies épidémiques « post-récolte » de la patate douce sont contractées avant la récolte. Les germes pathogènes responsables de ces maladies sont fréquemment introduits lorsque l'on utilise des semences infectées pour la multiplication. Ces maladies peuvent être présentes lors de la récolte, à un degré certes relativement faible, mais offrant une excellente source d'inoculum. Celui-ci peut alors être transmis à des racines saines par contact pendant leur manutention. Les bassins de lavage constituent un autre réservoir d'inoculum. Lorsque les racines sont conservées dans des boîtes ou des bacs, les courants d'air et les insectes peuvent propager l'inoculum. Une fois que les germes pathogènes se sont introduits dans la chaîne de production, il est difficile de les en enlever.

La pourriture noire, causée par *Ceratocystis fimbriata*, a posé un réel problème partout où les patates douces étaient cultivées intensivement. Les symptômes, à savoir des lésions de couleur sombre, sont visibles sur les tiges et les racines souterraines. Les lésions des racines sont circulaires et peuvent pénétrer vers l'anneau vasculaire. L'envahissement secondaire peut aboutir au dépérissement de la racine entière. L'agent pathogène est propagé sur les semences et jeunes rejets chez lesquels les symptômes sont indiscernables, et il est capable de survivre sur les débris abandonnés au champ. Il sporule sur les racines pendant la conservation, les mites peuvent propager l'inoculum ce qui augmente beaucoup l'incidence de la maladie (Halsted 1890; Steinbauer et Kushman 1971).

Les pellicules, causées par *Monilochaetes infuscans* E11 et Halst ex Harter, sont essentiellement une maladie cosmétique (Halsted 1890) (Figure 1). Comme la pourriture noire, elle touche toutes les parties souterraines de la plante. Toutefois, elle agit peu sur le rendement (Figure 2 A, B). La colonisation est limitée au périderme. Il affecte pas la partie comestible de la racine, mais les taches superficielles brun foncé à noir de la peau de la racine déplaisent aux consommateurs. De plus, un rapetissement marqué se produit pendant la conservation, dû à la perte excessive d'eau des zones éclatées du périderme. Les lésions grandissent pendant la conservation. Les conidies sont produites en longues chaînes sur la surface de la racine d'où elles peuvent gagner d'autres racines et propager l'infection. Contrairement à beaucoup de germes pathogènes de la racine de la patate douce, *M. infuscans* n'infecte pas à la faveur d'une blessure. Les appressoria se forment sur la surface de la racine à partir de tubes à germes et le périderme est ensuite colonisé de façon intracellulaire (Lawrence et Moyer 1981).

Les virus peuvent aussi causer certaines maladies de la conservation de la patate douce. La maladie du liège interne est probablement d'origine virale, bien l'agent pathogène n'ait pas encore été identifié. Il a été transmis par greffage et la propagation a été observée dans les conditions en champ. Cette maladie peut être particulièrement grave car les racines malades ne peuvent être détectées que si on les découpe en tranches (Nusbaum 1946). Par conséquent, les procédés habituels de triage ne peuvent pas servir à éliminer les racines malades. Les lésions qui se produisent à l'intérieur de la racine sont des zones brun sombre à consistance de liège. La taille et le nombre des lésions augmentent aux températures de stockage supérieures à 20°C. Cette maladie prend une grande importance lorsque les racines sont conservées pendant plusieurs mois (Aycock et Hughes 1952, Aycock *et al.* 1953, Nielsen 1951).

Les nématodes, et en particulier la maladie des nœuds de racines, ne sont pas considérés comme responsables des problèmes de conservation. Cependant, le groupe des maladies des nœuds de racines, *Meloidogyne* spp. peut être à l'origine des craquelures ou d'autres blessures susceptibles de faciliter l'entrée d'autres germes pathogènes. De plus, des amas d'œufs sont quelquefois trouvés dans le périderme ou l'écorce des racines cultivées dans des champs fortement infestés (Steinbauer et Kushman 1971).

Figure 1. Symptômes de la maladie des pellicules causée par *Monilochaetes infuscans* sur les racines de réserve.

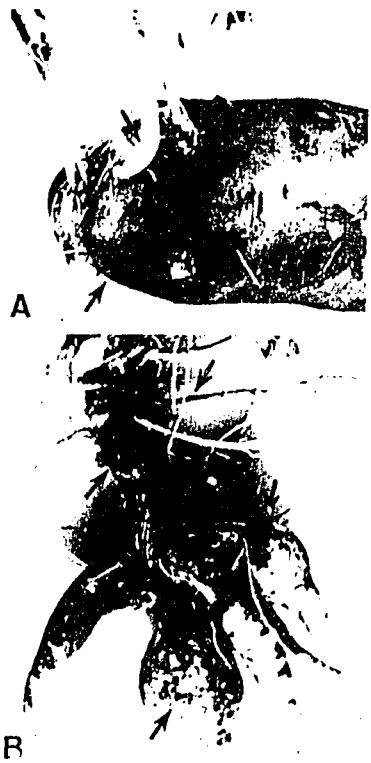


Figure 2. Colonisation des plants de patate douce par *Monilochaetes infuscans*
A Colonisation des rejets de racines infestées, les flèches indiquent les lésions
B Symptômes (flèches) à la récolte sur les parties enterrées de la tige et les racines d'un plant issu de bouture infectée

Infection au moment de la récolte

Les maladies de cette catégorie sont habituellement causées par des organismes du sol, qui pour pouvoir infecter les racines de patate douce, demandent la présence de blessures fraîches. Même la plus petite éraflure, en enlevant un peu de « peau », peut fournir l'entrée nécessaire à l'infection.

Fusarium spp cause fréquemment des maladies qui apparaissent lors de la conservation. La maladie communément appelée pourriture de surface est causée par *Fusarium oxysporum* Schlert. (Figure 3 A, B) (Harter et Wiemer 1919). Les lésions sont circulaires, s'étendent à partir de l'endroit d'inoculation, et deviennent très apparentes après 3-4 semaines de conservation. Les lésions, de couleur brun foncé, peuvent avoir plusieurs centimètres de diamètre, mais se propagent rarement en dessous du périderme. La fréquence de cette maladie augmente quand le taux de blessures causées par des manipulations brutales à la récolte est élevé et que ces blessures cicatrisent trop lentement par suite d'une conservation mal adaptée. Les racines récoltées dans des sols humides sont particulièrement sujettes à cette maladie. Généralement, la maladie ne s'étend pas pendant la conservation sauf si des blessures supplémentaires sont infligées aux racines, créant de nouveaux centres d'infection (Lauritzen 1935 ; Nielsen 1965). *Fusarium solani* (Sacc) Martemend Snyd et Han provoque une infection qui ressemble superficiellement à celle causée par *F. oxysporum*. Cependant, la lésion peut s'étendre profondément dans la racine (Figure C) (Nielsen et Moyer 1979). La bordure de la lésion qui va en s'élargissant est brun foncé ; les tissus fraîchement pourris, bruns à oranges, tranchent nettement sur les tissus sains. La lésion peut s'étendre au-delà de l'anneau vasculaire et éventuellement détruire toute la racine (Figure 3C). L'agent pathogène croît plus rapidement à 28° C en culture pure, bien que le taux de développement de la maladie dans les racines, observé à 24° C, soit le plus élevé. Plusieurs rapports (McClure 1951 ; Clark 1980) sur les infections de la tige causées par *F. solani* suggèrent que l'agent pathogène pourrait également être issu de la semence. Des études préliminaires réalisées par l'auteur appuient cette hypothèse. Des boutures de tige et des rejets inoculés artificiellement à partir de racines malades se sont avérés infectés (Moyer et Campbell, données non publiées). Cependant, l'importance du point de vue épidémiologie n'a pas encore été démontrée. Ces deux *Fusarium* spp sont des formes non spécialisées que l'on trouve fréquemment dans les sols arables. L'éventail des hôtes d'un *F. solani* isolé de la patate douce comprend, en plus de la patate douce, la pomme, le concombre, la courge, l'aubergine, la tomate et les tubercules de pomme de terre. (Nielson et Moyer 1979 ; Clark 1980)

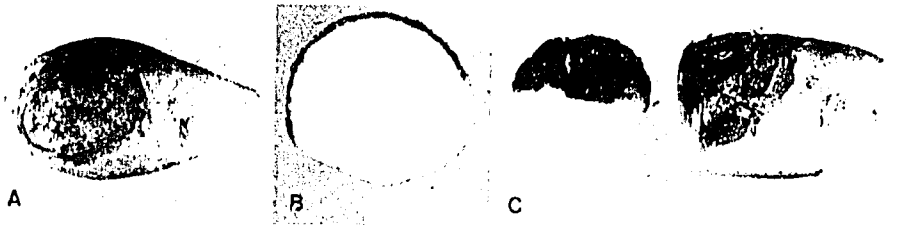


Figure 3. Symptômes de la pourriture de surface et de la pourriture de la racine causées par *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani*, respectivement
A Une lésion de surface causée par *F. oxysporum*
B Une vue latérale de la lésion de la pourriture de surface
C Lésions d'une racine de réserve causées par *F. solani*

La pourriture noire de Java, causée par *Diplodia tubericola* (Ell et Ev) Taub, et la pourriture charbonneuse, causée par *Macrophomina phaseoli* (Tossi) Goid sont également d'importants pathogènes pouvant infliger des pertes sévères pendant la conservation. Ils disposent d'une vaste gamme d'hôtes et créent souvent des problèmes en région tropicale. Ils sont mentionnés ici à cause de leur nature tellurique. Ils peuvent entraîner de sérieuses pertes si l'infection des racines maltraitées se situe pendant la récolte (Harter et Weimer 1929). Comme les *Fusarium* étudiés plus haut, *D. tubericola* peut aussi infecter les tissus de la tige (Daines 1959).

Infection au stade post-récolte

Les maladies classées dans cette catégorie ont une caractéristique commune : les racines pourrissent dans les quelques heures ou jours qui suivent l'infection, ce qui les rend impropres à la vente ou à la consommation. Ces maladies sont fréquemment observées immédiatement après la récolte, ou au moment où les racines sont enlevées du lieu de stockage et conditionnées pour être expédiées sur le marché. Elles sont classées ici parce que dans les mesures préventives doivent intervenir au cours de la préparation finale pour la commercialisation. Les petites blessures infligées aux racines au cours du nettoyage, l'eau de lavage contaminée et l'emballage de racines humides, constituent des conditions quasi optima pour l'infection. La production par l'organisme d'enzymes pectolytiques, après l'infection, entraîne une dissolution rapide des parois cellulaires et l'apparition d'une maladie caractérisée par la pourriture molle des tissus.

Une des pourritures molles est causée par *Rhizopus stolonifer* (Ehr ex Fr) Lind. Cet organisme est un agent pathogène de blessure quasi omniprésent. Les tissus infectés sont mous, humides et filandreux. Ils dégagent une odeur douceâtre caractéristique. Un élément diagnostique de la maladie est la présence de mycélium dense, aérien à spores brun foncé, souvent appelé « favoris ». La formation de favoris sur une racine suspecte peut être provoquée en perforant la surface de la racine à plusieurs endroits à l'aide d'un couteau. Après un certain temps, les racines infectées se ratatinent et deviennent cassantes suite à la baisse de leur contenu en eau. Si les conditions sont favorables, l'organisme sporule abondamment, produisant un innoculum qui peut être propagé par les mouches, les rongeurs et les courants d'air (Halsted 1890). Une abondance de mouches à fruits (*Drosophila* spp) dans un hangar de stockage signale habituellement la présence de cette maladie. De nouvelles infections peuvent alors se produire là où il y a de nouvelles blessures fraîches. Une seule racine infectée peut, si elle est introduite dans un réservoir de lavage, contaminer toutes les racines qui seront nettoyées avec cette eau. Les racines peuvent être détruites par la suite au cours des quelques jours qui séparent l'emballage de la livraison au consommateur.

Une pourriture molle de la patate douce repérée récemment est causée par *Erwinia chrysanthemi*. Cette maladie a été signalée dans l'Etat de Géorgie, aux Etats-Unis (Martin et Dukes 1977), où elle pose un grave problème. Elle a également été observée, bien qu'à un moindre degré, en Caroline du Nord. La phase racinaire de cette maladie peut être confondue avec la pourriture molle due au *Rhizopus*. *E. chrysanthemi* est un agent pathogène commun qui bénéficie d'une gamme étendue d'hôtes, et il est inclus ici en raison de son risque potentiel élevé (Schaad et Brenner 1977). La maladie est classée comme maladie post-récolte à cause de ses effets dévastateurs sur les racines. Cependant, elle pourrait tout aussi bien être classée dans les deux autres catégories, puisque les plants sont aussi infectés au champ.

La pourriture molle bactérienne se développe à des températures relativement élevées (32-34°C), comparée à la pourriture molle due au *Rhizopus*. L'infection exige des blessures fraîches et de l'humidité ce qui correspond aux conditions d'environnement créées par le lavage et le conditionnement. Quand on utilise des racines infectées pour les besoins de la multiplication, les rejets peuvent être infectés bien que ne manifestant aucun symptômes. Une pourriture rapide et humide

de la tige et des pétioles peut apparaître plus tard au cours de la saison culturale, aux périodes chaudes et humides. Les bactéries vont survivre dans ces débris en constituant une excellente source d'inoculum au moment où les racines sont récoltées. Les symptômes observés sur la plante comprennent des feuilles jaunes avec des lésions brun foncé et noir, imbibées d'eau sur les tiges et les pétioles. Des rayures noires peuvent apparaître dans le tissu vasculaire des tiges et des racines. Les symptômes sont similaires à ceux causés par *Fusarium oxysporum* f sp *batatas* (Wr) Snyd et Hars (Martin et Dukes 1977 ; Schaad et Brenner 1976). Les deux phases de la maladie intéressant la tige et la racine, sont une menace potentielle dans les régions tropicales où les pluies sont chaudes. Dans les régions plus tempérées, les épidémies surviennent seulement pendant la conservation. D'après les observations faites par l'auteur, la maladie est déclenchée par l'introduction de quelques racines infectées dans l'eau de lavage pendant le triage et l'emballage. Jusqu'à 30 % des racines subissant le même lavage peuvent être inoculées de cette manière.

Huit agents pathogènes ont été choisis comme exemples des trois classes de parasites qui sont à l'origine des maladies post-récolte, bien que beaucoup d'autres aient fait l'objet de rapports (Chupp et Sherf 1960 ; Steinbauer et Kushman 1971). Ces exemples nous montrent que beaucoup de maladies post-récolte commencent au moment où la plante est récoltée, ou même avant.

MOYENS DE LUTTE

La lutte contre les maladies post-récolte devrait s'envisager du point de vue de la prévention. Peu de chose peut être fait une fois que la racine est infectée. Beaucoup de recommandations publiées au sujet de la lutte contre les maladies post-récolte concernent le moment de la récolte. Cependant, une stratégie rationnelle de lutte contre les maladies post-récolte devrait commencer par la sélection de la « semence ». Seules des racines saines devraient être utilisées pour la multiplication. Des cultivars résistants à certaines maladies comme le liège interne et la pourriture molle bactérienne sont disponibles, bien que des sources de niveaux acceptables de résistance n'aient pas été identifiées pour toutes les maladies. Les serres ou parcelles utilisées pour la multiplication devraient être fumigées et une rotation de chaque culture devrait leur être appliquée. On devrait, de préférence, adopter une rotation de 2-4 années. Une rotation analogue devrait être respectée pour le terrain devant porter la culture. Beaucoup de germes pathogènes tels que *M. infuscans*, *C. fimbriata* et *E. chrysanthemi* peuvent survivre dans les résidus de plantes laissés par la culture précédente. Les boutures de tige devraient être prélevées au-dessus du niveau du sol plutôt qu'arrachées, pour éviter la contamination par les organismes telluriques. Dans certaines conditions défavorables, il peut s'avérer nécessaire de traiter les racines et/ou les boutures avec un fongicide.

A la récolte, il conviendrait d'identifier les efforts pour maîtriser ces maladies. Les machines devraient être correctement réglées. Les travailleurs devraient être entraînés à manipuler les racines avec soin, de façon à réduire les risques d'éraflures et de meurtrissures qui favorisent l'installation de germes pathogènes de blessure en provenance du sol. Dans la mesure du possible, les sols humides devraient pouvoir avoir le temps de se ressuyer avant la récolte. Les racines malades devraient être mises au rebut et les racines saines placées dans des récipients ayant récememnt subi un nettoyage et une désinfection. Différents produits peuvent être utilisés à cet effet : bromure de méthyle, fongicides divers et, pour les bactéries, l'hypochlorite de calcium.

Dès leur extraction, les racines devraient être stockées en vue de leur séchage ; Celui-ci permet une cicatrisation rapide des plaies, ce qui évite l'infection par divers organismes. Les racines fraîchement récoltées peuvent être séchées en les maintenant à 28°-30° C et à 85-90° C d'humidité relative pendant environ sept jours. Ces conditions favorisent la cicatrisation et réduisent les

risques de développement de pourritures comme celle due au *F. solani*. Les racines devraient ensuite être conservées à 15°C jusqu'à leur utilisation. Il est également important d'éviter le déplacement des racines conservées, après leur traitement. De nouvelles plaies pourraient être occasionnées ouvrant la voie à des germes pathogènes tels que *R. stolonifer* ou *Fusarium* spp.

Les racines sont fréquemment lavées, triées et calibrées en vue de la commercialisation, et ces manipulations augmentent les risques de blessures. Au cours de celles-ci, *R. stolonifer* et *E. chrysanthemi* peuvent poser de sérieux problèmes. L'eau de lavage doit être changée fréquemment pour éviter l'accumulation d'inoculum. L'hypochlorite de calcium est un désinfectant efficace et actif contre *E. chrysanthemi*. De plus, les racines peuvent être traitées avec un fongicide qui inhibe *R. stolonifer*. Tous les pesticides et les matériels doivent être utilisés en conformité avec la législation locale et les recommandations des fabricants.

Une stratégie préventive dans le cadre de la lutte contre les maladies de la conservation de la plante douce est essentielle pour atteindre un niveau élevé de réussite. La mise en œuvre de moyens de lutte précoces dès les stades initiaux de la production peut avoir des avantages supplémentaires. Par exemple, la sélection de racines de qualité pour la multiplication est efficace, non seulement contre les maladies de la conservation, mais aussi contre les maladies qui surviennent au champ, et contribue ainsi au maintien des caractéristiques horticoles.

BIBLIOGRAPHIE

AYCOCK, R. and M. B. HUGHES. 1952. Sweet potato clones whose roots serve as symptomless carriers of internal cork virus. Phytopathology 42 : 428-430.

AYCOCK, R., J. S. COLEY, M. B. HUGHES, and W. L. SMITH, Jr. 1953. Relation of temperature to internal cork development in stored sweet potato roots. Phytopathology 43 : 50-51.

CHUPP, C. and A. F. SHERF. 1960. Vegetable diseases and their control. Ronald press Co., New York. 693 pp.

CLARK, C. A. 1980. End rot, surface rot, and stem lesions caused on sweet potato by *Fusarium solani*. Phytopathology 70 : 109-112.

DAINES, R. H. 1959. The effect of plant bed temperature and fungicide treatments on the occurrence of Java Black rot of sweet potato sprouts. Phytopathology : 49 : 252-254.

HALSTED, B. D. 1890. Some fungus diseases of the sweet potato. N. J. Agric. Expt. Sta. Bull No 76, 32 pp.

HARTER, L. L. and J. L. Weimer. 1919. The surface rot of sweet potatoes. Phytopathology 9 : 465-469.

HARTER, L. L. and J. L. WEIMER. 1929. A monographic study of sweet potato diseases and their control. USDA Tech. Bull. No. 99. Wash. D. C. 118pp.

LAURITZEN, J. I. 1935. Factors affecting infection and decay of sweet potato potatoes by certain storage rot fungi. J. Agric. Res. 50 : 285-329.

LAWRENCE, G. W., J. W. MOYER and C. G. VAN DYKE. 1981 Histopathology of sweet potato roots infected with *Manilachoetes infuscans*. Phytopathology 71 : in press.

MARTIN, W. J. and P. D. DUKES. 1977. Bacterial stem and root rot of sweet potato. Plant Disease Reporter 61 : 158-161.

McCLURE, T. T. 1951. *Fusarium* root rot of sweet potato sprouts. Phytopathology 41 : 72-77.

NIELSEN, L. W. 1951. Influence of temperature on the development of internalcork symptoms in sweet potato roots. Phytopathology 41 : 28 (Abstract).

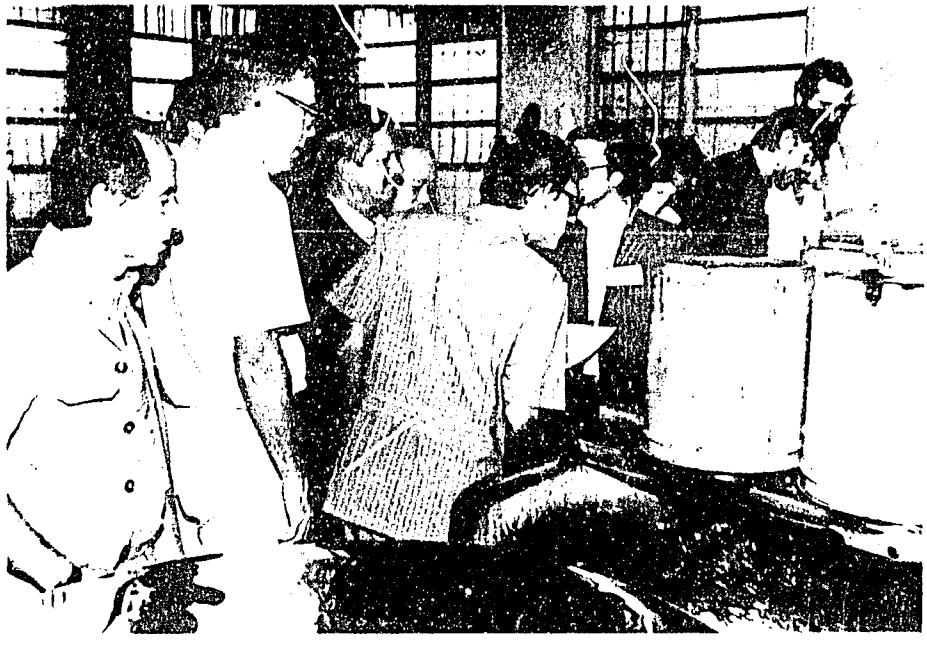
NIELSEN, L. W. 1965. Harvest practices that increase sweet potato surface rot in storage. Phytopathology 55 : 640-644.

NIELSEN, L. W. and J. W. MOYER. 1979. A *Fusarium* root rot of sweet potatoes. Plant Disease Reporter 63:400-404.

NUSBAUM, C. J. 1946. Internal cork, a new disease of sweet potato of unidentified cause. Phytopathology 36:18-23

SCHAAD, N. W. and D. BRENNER. 1977. A bacterial wilt and root rot of sweet potato caused by *Erwinia chrysanthemi*. Phytopathology 67. 302-308.

STEINBAUER. C. E. and L. J. KUSHMAN. 1971. Sweet potato culture and diseases. USDA Agric. Handbook No. 388, Wash. D.C. 74pp.



Delégues du premier colloque international sur la patate douce visitant une usine de fabrication de bonbons à partir de la patate douce.

DISCUSSION GENERALE

(SEANCE III)

ANONYME : *Quelle saison est la meilleure pour procéder au criblage pour la résistance de la patate douce au charançon ? Avez-vous etabli les moyennes des comptages saisonniers, multi-locaux et annuels ?*

TALEKAR : A l'AVRDC, l'automne est une saison propice au criblage, avec la plantation en septembre. Nos resultats proviennent de criblages realisés en deux endroits et sur huit saisons réparties sur les quatre dernières années.

ANONYME : *Quel est l'effet de la rotation culturale sur l'occurence du charançon de la patate douce et l'incidence de l'attaque ? Existe-t-il des cultures qui reduisent celle-ci ?*

TALEKAR : La rotation culturale avec le riz reduit nettement l'infestation par le charançon de la culture de patate douce suivante. Cependant, si un foyer de charançons existe dans les champs voisins ou si vous utilisez des plants infestés de charançons comme matériel de plantation, la rotation n'a plus tellement d'effet. Des pratiques phytosanitaires simples comme l'utilisation d'un matériel de plantation indemne de charançons, ou le nettoyage du champ des sources de charançons telles que les *Ipomoea* herbacées pérennes et des bourgeons et résidus de la culture de patate douce précédente, reduiront considerablement l'infestation par les charançons sans devoir utiliser la rotation.

WARGIONO : *Pensez-vous qu'il existe un lien entre la position de la racine tubéreuse, le contenu en latex, l'épaisseur de la peau et les dégâts de charançons ? Pourriez-vous dire si I 152, que vous avez présentée comme moderement résistante, possède des racines profondes ou une teneur élevée en latex ?*

TALEKAR : Les racines tubéreuses profondes sont nettement moins infestées que celles proches de la surface du sol. Nous n'avons conduit aucune recherche sur l'effet de la teneur en latex ou de l'épaisseur de l'écorce sur l'infestation par le charançon. I 152 n'est pas un cultivar à racines profondes. Nous n'avons pas encore étudié d'autres caractéristiques.

MEYNHARDT : *Le port de la plante a-t-il une influence sur l'infestation par le charançon ? Y-a-t-il des indices selon lesquels les cultivars dont les racines sont plus profondement enfoncées dans le sol seraient moins susceptibles à l'infestation par le charançon ?*

TALEKAR : Oui, car plus les racines sont profondes, plus l'infestation par le charançon est faible. Ceci a été démontré par plusieurs chercheurs. Dans ma communication, j'ai passé la documentation en revue. Les cultivars à racines profondes ne sont pas nécessairement moins susceptibles au charançon, mais les racines profondes lui sont moins aisément accessibles.

TANABE : *Vous avez mentionné que les charançons n'affectent pas le rendement. Envisagez-vous le rendement biologique ou le rendement commercial de la patate douce ? Vos coupes montrent que les charançons infestent les tiges, ce qui va très vraisemblablement gêner la translocation de matière sèche vers la racine de réserve. Pourriez-vous commenter ce point ?*

TALEKAR : Nos résultats montrent que l'infestation par les charançons ne réduit pas le rendement total en racines. Je suis bien conscient que théoriquement, l'infestation devrait réduire la translocation des photosynthétats ou des éléments minéraux nutritifs, mais, dans la pratique, nous n'avons constaté aucune diminution de rendement, ce qui est dû peut-être à la croissance végétative exubérante qui manifeste la patate douce. Par conséquent, une quantité adéquate de photosynthétats est régulièrement transloquée, ce qui permet d'obtenir un rendement également

acceptable. Cette croissance végétative exhubérante consomme probablement une grande quantité de photosynthétats chez les plants témoins.

URITANI : *N'avez-vous jamais cherché à savoir s'il existait, chez certaines espèces d'*Ipomoea*, des substances attractives spécifiques ??*

TALEKAR : Nous n'avons fait aucune recherche dans ce sens. Toutefois, le fait que les charançons n'infectent presque exclusivement que les espèces d'*Ipomoea* suggère l'existence possible d'une substance attractive ou d'un quelconque autre facteur chez *Ipomoea*, essentiel pour la croissance et le développement du charançon.

URITANI : *N'avez-vous jamais recherché l'existence éventuelle de certaines relations entre la résistance au charançon et la production par la patate douce de certains métabolites secondaires en réponse à l'infestation ?*

TALEKAR : Non, nous n'avons fait aucune recherche à ce point de vue. Je suis au courant du travail accompli au Japon. Les métabolites secondaires semblent être non spécifiques car ils sont produits aussi bien suite à l'infestation par le charançon que suite à celle par le champignon de la pourriture noire. La probabilité que de tels composés chimiques soient impliqués dans la résistance au charançon est, de ce fait, plutôt réduite.

WILSON : *Un effort a-t-il été consenti pour identifier des sources de résistance au charançon d'espèces d'*Ipomoea *autre que la patate douce ?*

TALEKAR : Nous n'avons fait aucun effort systématique directement mais nous avons remarqué que certaines espèces d'*Ipomoea* ne sont pas du tout attaquées par cet insecte. Néanmoins, aucune des autres espèces d'*Ipomoea* observées en plus de la patate douce, résistantes ou susceptibles, ne forment de racines tubérisées. Utiliser de telles sources de résistance pour la sélection de la patate douce, pourrait poser un sérieux problème.

WADDILL : *Les plants qui ne montraient aucune relation entre le rendement et le nombre de charançons présents, étaient-ils attaqués par ceux-ci de suite après la plantation ou seulement plus tard au cours de la croissance ?*

TALEKAR : Pendant deux saisons, les plants furent infestés six semaines après la plantation et, pendant une saison, ils furent exposés à l'infestation naturelle par les charançons qui coïncidait à peu près à l'époque de plantation parce que la culture avait été plantée juste après la récolte d'une autre culture de patates douces fortement infestée. Dans les trois cas, on observa, à la récolte, une infestation considérable des racines par les charançons.

VILLAREAL : *Pouvez-vous nourrir des animaux avec des patates douces infestées de charançons ? Ceux-ci peuvent constituer une source supplémentaire de protéine.*

WADDILL : Oui.

ANONYME : *Est-il correct d'affirmer que la « feathery mottle » (FM) est un complex de deux virus : a) l'un transmis par* Myzus persicae *; b) l'autre transmis par les aleurodes ; et que les deux composantes virales doivent être présentes pour que les symptômes apparaissent ? Si cela était le cas, le virus A de la patate douce, identifié à Taiwan, pourrait ne pas être identique à FM, puisque le virus A de la patate douce peut, par lui-même, produire les symptômes de petites taches chez la patate douce. Pourriez-vous commenter ce point ?*

HAHN : Le virus de la « feathery mottle » est transmis par les aphides et possède des particules d'environ 85 nm de longueur. Plusieurs souches ont été décrites, comprenant la souche commune, la craquelure rousse et la nervure jaune. Le complexe auquel vous référez est la maladie virale de la patate douce trouvée en Afrique. Les deux composantes transmises par les aphides

et les aleurodes doivent coexister pour permettre l'expression des symptômes. Le virus A de la patate douce est très probablement une souche de craquelure rousse de la FM.

ANONYME : *L'IITA va-t-il expédier prochainement ses lignées sélectionnées sous forme de cultures de méristèmes apicaux, ou le fait-il déjà ?*

HAHN : Cela se fait déjà. En effet, je viens de remettre au Dr Villareal plusieurs cultures de méristème de certaines lignées prometteuses de l'IITA.

ANONYME : *La FM peut-elle être transmise à* Chenopodium quinoa *ou est-elle limitée à* Ipomoea *sp ?*

CHIU : Les souches de la craquelure rousse et du virus jaune de la FM peuvent infester *C. quinoa* ; par contre, la souche commune ne le peut pas.

URITANI : *Avez-vous trouvé un quelconque champignon pathogène qui puisse pénétrer à l'intérieur des tissus en traversant la couche de cellules épidermiques, sans devoir profiter d'une lésion mécanique ?*

MOYER : Oui : *M. infuscans*, l'agent causal des « pellicules ». Un appressorium est produit par le tube germinal qui pénètre la paroi cellulaire. Curieusement, alors que les hyphes se développent dans les cellules, un nouvel appressorium est produit chaque fois que le champignon traverse la paroi cellulaire.

WINARNO : *Le conditionnement des patates douces est généralement réalisé à des températures relativement élevées (30 °C, HR 85-90 °C) afin d'éviter la pourriture noire, mais d'autres problèmes surviennent comme le liège interne, dû à un virus. Pourriez-vous recommander les meilleures conditions (température) permettant d'éviter les deux problèmes ?*

MOYER : Les racines ne sont conditionnées à ces hautes températures que pendant cinq à sept jours. Le développement du virus du liège interne exige plusieurs mois. Un conditionnement suivi d'une conservation à 15 °C résoudra ces problèmes.

WAN : *Des seedlings de patate douce indemnes de virus peuvent être obtenus par thermothérapie et culture de méristème : quelles sont les températures nécessaires et quelle est la durée du traitement à la chaleur ? D'après votre expérience, la culture d'apex élimine-t-elle complètement le virus ou l'inactive-t-elle ?*

CHIU : Nous avons obtenu des cultures de méristème d'apex par un procédé qui implique une exposition des plants donneurs à 38 °C pendant quatre semaines et une exision des extrémités sur 0,3-0,6 mm de longueur. Dans ce cas, une température de 38 °C ne semble pas complètement inactiver le virus (ou les virus), mais ralentir le mouvement du virus vers le sommet de la pousse. Dans un essai, nous avons obtenu 16 plants indemnes de virus sur 24 plans testés.

WUSTMAN : *L'application d'insecticides systématiques est-elle à recommander pour réduire la propagation des virus de la patate douce au champ ?*

CHIU : L'application d'insecticides systématiques peut se montrer efficace pour réduire la propagation des virus de la patate douce transmis par les aleurodes et qui sont semi-persistants ou persistants dans leur vecteur, mais inefficaces parfois contre les virus non-persistants transmis par les aphides, comme le virus de la « feathery mottle » et ses mouches, notamment lorsque l'intensification de l'infection virale est due pour une grande part à des apports de migrants. Toutefois, pour supprimer l'expansion du virus à l'intérieur du champ même, les insecticides systématiques ont une certaine valeur.

WUSTMAN : *L'observation des vols des aphides et des aleurodes est-elle une technique utile pour la production de graines ?*

CHIU : Ce serait une technique utile dans les zones réservées à la production de grai semences. Les observations serviraient de base pour ajuster la date de plantation et pour grammer les applications d'insecticides afin de prévenir la propagation des virus persistants aux insectes vecteurs mentionnés précédemment.

SEANCE IV

LA RECHERCHE SUR LA PRODUCTION DE PATATES DOUCES A PARTIR DE FRAGMENTS DE RACINES

J. C. BOUWKAMP
Département d'Horticulture, Université du Maryland, College Park, M. D. 20742, USA.

INTRODUCTION

Les matériels de plantation de la patate douce sont habituellement constitués de germes ou de boutures de tige. Les germes sont produits en plaçant les « tubercules semences » dans les plates-bandes (souvent couvertes ultérieurement de couches ou de films de polyéthylene), en les recouvrant de 5-8 cm de sable, et en retirant les germes lorsqu'ils ont atteint une hauteur de 20-25 cm. Les boutures de tige, prélevées dans des cultures en pleine végétation, sont essentiellement utilisées pour la production de semence indemne de maladie ou pour la grande culture pratiquée dans les régions à longues saisons culturales.

Les deux méthodes exigent beaucoup de travail. Une méthode plus simple consiste à planter directement de petits tubercules entiers ou morceaux de tubercules (comme on le fait pour la pomme de terre) *(Solanum tuberosum L)*. Les premieres tentatives (Luiz *et al.* 1946) de production de patates douces à partir de morceaux de tubercule ont été infructueuses, aboutissant à des racines mal formées, à de faibles rendements et à de faibles taux d'occupation du sol. Dans la plupart des cas, le morceau de tubercule grossissait et produisait un organe racinaire difforme. Le travail ultérieur de plusieurs chercheurs japonais (Kobayashi 1968 ; Kobayashi et Akita 1966 ; Kodama et Kobayashi 1952, 1954 ; Kodama et Nomoto 1954, 1955 ; et Kodama *et al.* 1958) s'est avéré plus encourageant et a ranimé l'intérêt manifesté aux Etats-Unis. Nos travaux ont débuté en 1970

MATERIELS ET MÉTHODES

Toutes les expérimentations ont été conduites à la Ferme de Recherches Légumières de l'Université de Maryland, près de Salisbury, au Maryland, Etats-Unis (38° 22' de latitude nord), sur un sol sablo-limoneux de Norfolk (sol finement limoneux, siliceux, thermique typique paleudult). Les lignes étaient écartées de 0,90 m et les plants espacés de 0,30 m sur la ligne, la densité de population ainsi obtenue étant approximativement de 35 800 paquets/ha. Toutes les parcelles reçurent 1680 kg/ha de 5-10-20 (NPK) par application d'un engrais à 2 % de MgO, un tiers enfoui avant la plantation, un tiers appliqué un mois après la plantation ou la transplantation, le tiers restant appliqué deux mois plus tard. Les morceaux de tubercule pesaient entre 20 et 25 g chacun, et étaient traités par un bain de DCNA (75 W, 12 g/litre) immédiatement après le découpage, à moins d'une autre indication expresse. Les morceaux de tubercules pourris étaient écartés avant la plantation et seuls les morceaux de tubercules sains étaient plantés. Les morceaux de tubercules étaient plantés, à la main, dans des sillons profonds de 3 cm environ et recouverts de terre sur 5 à 6 cm en confectionnant un léger billon sur la ligne de plantation. Les pratiques culturales subséquentes ont porté la hauteur du billon à 7-9 cm.

CLASSIFICATION DES TYPES DE REPONSE

Quand on utilise des morceaux de tubercules comme matériel de plantation, la réussite dépend de l'apparition de nouvelles racines charnues à partir des germes apparus sur le morceau du tubercule (appelées racines filles indirectes) et du grossissement de celui-ci s'il ne devient pas puits metabolique. Nous classifions un type de réponse d'après le mode de croissance des nouvelles racines charnues et d'après le devenir du morceau de tubercule (Figure 1) :

1) racine fille indirecte, morceau de tubercule grossissant (FiTG) ; 2) racine fille indirecte, morceau de tubercule persistant mais sans grossissement (FiTP) ; 3) racine fille indirecte, morceau de tubercule disparaissant (FITD) ; 4) racine fille directe (nouvelle racine charnue formée par le morceau de tubercule), morceau de tubercule grossissant (FDTG) ; 5) racine fille directe, morceau de tubercule persistant (FDTP) ; et 6) morceau de tubercule mère grossissant, mais pas, ou très peu, de racines filles (TG). En fait, il n'existe pas de classes distinctes mais des types intermédiaires tendant à une gradation continue, particulièrement dans le taux de grossissement du morceau de tubercule. Pour établir une classification, nous évaluons en ligne d'après son mode de réponse. Par exemple, une ligne dont tous les morceaux de tubercule persistent et dont certains grossissent légèrement, pourrait être classée comme PP ; une ligne comportant à la fois des racines directes et indirectes pourrait être classée d'après le stockage de la majorité des matières de réserve dans les racines filles directes ou indirectes, et TG pourrait être classé comme possédant moins de 20 % des réserves stockées dans les racines filles.

Figure 1. Types de réponse du morceau de tubercule. (A) racine fille indirecte, morceau de tubercule grossissant, (B) racine fille indirecte, morceau de tubercule persistant, (C) racine fille indirecte, morceau de tubercule disparaissant, (D) racine fille directe, morceau de tubercule grossissant, (E) morceau de tubercule mère grossissant, les flèches indiquent le morceau de tubercule originel.

TRAITEMENTS AVANT LA PLANTATION

En utilisant des lignes appartenant aux groupes 2 et 3, nous avons trouvé que nous pouvions produire une culture de patates douces comparable à celle obtenue à partir de germes (Tableau 1, d'après Bouwkamp et Scott, 1972). D'autres expériences et d'autres expérimentateurs nous ont convaincus que la difficulté d'obtenir une occupation satisfaisante et uniforme était un problème sérieux devant être résolu pour que la production à partir de morceaux de tubercules devienne réalisable. C'est ainsi que nous avons décidé d'étudier la coupe des racines et la mise des morceaux de racines en conditions de pré-germination (90 % d'HR et à environ 30° C). Nous espérions que ce traitement pourrait contribuer à briser la dominance proximale (Thompson et Beattie 1931), à cicatriser les surfaces coupées et à induire une germination précoce (Deonier et Kushman 1960). Nous avons trouvé (Bouwkamp *et al.* 1971) que les pertes de morceaux de racines dues à la pourriture causée par l'espèce *Rhizopus* pouvaient être réduites par la DCNA (2-6-dichloro-4-nitroaniline) et qu'il existait des différences significatives entre les cultivars en ce qui concerne la susceptibilité (Tableau 2).

Tableau 1. Rendements de quelques clones de patates douces cultivées à partir de fragments de tubercules et de germes.

Méthode de multiplication et cultivar	Rendement t/ha				
	Calibres[z]				Total commercialisable
	Très gros	N° 1	N° 2	Curs	
Fragments de tubercule[y]					
Redmar	3.4	24.5	11.9	0.2	44.7
MD 18	2.5	20.3	11.8	2.5	34.6
MD 112	3.0	6.6	2.5	0.1	12.3
MD 115	6.8	20.2	6.5	0.3	33.4
MD 116	15.1	21.8	10.5	0.7	47.4
LSD 5 %	8.9	6.0	3.0	1.1	13.4
Germes[x]					
Redmar	1.6	33.1	11.0	0.0	45.8
MD 18	0.0	15.5	17.0	0.0	32.5
MD 112	3.0	20.7	14.0	0.0	37.7
MD 115	7.8	27.6	8.5	0.0	43.9
MD 116	18.1	22.9	6.8	0.0	47.8
LSD 5 %	4.8	4.1	1.7	–	5.0

Très gros : diamètre 8.75 cm, longueur 22.9 cm, poids 567.5 g
N° 1 : diamètre 5-8.75 cm, longueur 7.2-22.9 cm, poids 567.5 g
N° 2 : diamètre 2.5-5 cm, longueur 5-17.5 cm.
Fragments de tubercules plantés le 18 mai 1971, récoltés le 13 octobre : 21 510 paquets/ha
Germes plantés le 24 mai 1971, récoltés le 5 : 33 850 paquets/ha

Nous avons étudié les effets de la durée de l'exposition des fragments de racines aux conditions de pré-germination sur l'émergence précoce, l'occupation finale et le rendement. C'est le cultivar Redmar qui a été utilisé, et tous les fragments de racines ont été traités au fongicide avant le traitement. Nous avons fait deux plantations distinctes, la première le 20 mai, la seconde le 2 juin. Des comptages de taux d'occupation ont été réalisés plusieurs fois au cours de la saison culturale. Toutes les parcelles ont été récoltées le 10 octobre, ce qui donnait des saisons culturales de 142 et 129 jours, respectivement. Les résultats figurent aux tableaux 3 et 4. Dans les deux essais, des

taux d'occupation initiaux et finaux significativement plus faibles ont été obtenus pour les parcelles qui n'avaient pas reçu le traitement de pré-germination, et dans l'essai 1 le traitement d'une semaine était également plus faible que les traitements plus longs. Les rendements n'ont pas été effectués de façon significative, bien que dans les deux essais, le témoin (traitement 0) ait donné les rendements les plus bas.

Tableau 2. L'efficacité de la DCNA en trempage pour lutter contre la pourriture molle des morceaux de tubercules de patate douce

Traitements	Pourcentages (en poids) des morceaux sains au moment de l'évaluation		
	Redmar	Julian	Moyenne[z]
Témoin	45.5	87.5	66.5 a
DCNA 75 W/12 g/litre	96.3	98.0	97.2 b
DCNA 75 W/24 g/litre	97.6	97.9	97.8 b
Moyenne[z]	63.1 a	94.5 b	

[z] Séparation moyenne par Multiple Rage Test de Turcan au niveau 05 probabilité

Tableau 3. Les effets de la longueur du traitement de pre-germination sur la levée et le rendement de patates douces issues de fragments de tubercules (essai 1)[z].

Semaines de traitement	Levée après				Production totale commercialisable
	27 jours	37 jours	41 jours	48 jours	
0	1 b	7 b	22 c	38 c	21.7 a
1	22 a	37 a	43 b	63 ab	23.5 a
2	14 a	33 a	41 b	47 bc	25.5 a
3	34 a	48 a	50 b	62 ab	25.6 a
5	32 a	47 a	63 a	72 a	29.3 a

[z] Séparation moyenne par le Multiple Range Test de Duncan au niveau 05 de probabilité

Suite à ces expérimentations, nous appliquons généralement un traitement de prégermination de deux à trois semaines avant de procéder à la plantation en champ. Une plus longue période de prégermination peut présenter un certain avantage là où la saison culturale est limitée en longueur, car les germes qui percent plus rapidement peuvent donner le même effet qu'une saison culturale plus longue. Il est à remarquer que le traitement de cinq semaines a donné les plus hauts rendements, équivalant à une saison culturale une à deux semaines plus longues que pour les traitements de deux et trois semaines, puisque nous savons que l'augmentation de rendement de la Redmar est d'environ 0,45 t/ha/jour durant la seconde moitié de la saison culturale (Scott et Bouwkamp 1975).

QUALITE DES PATATES DOUCES PRODUITES A PARTIR DE FRAGMENTS DE TUBERCULES

Etant donné que la qualité et, en particulier, la qualité pour l'industrie de transformation, est une chose importante aux Etats-Unis, nous avons décidé d'étudier les effets exercés par les méthodes de multiplication sur les différents facteurs normalement associés à la notion de qualité. Des cultures ont été conduites en 1978 et 1979 à partir de germes et à partir de fragments de tuber-

cules. En 1978, nous avons cultivé un cultivar et trois lignées sélectionnées (Redmar, MD 302, MD 628 et MD 714) et, en 1679, trois lignées sélectionnées (MD 628, NC 718 et NC 719). Ces deux années-là, nous avons utilisé un dispositif en split plot à quatre répétitions. Les parcelles étaient constituées d'une seule ligne de 10 m de long.

Tableau 4. Effets de la durée du traitement de prégermination sur la levée et le rendement de patates douces issues de fragments de tubercules (essai 2)[z]

Semaines de traitement	% levée après				Production totale commercialisable
	27 jours	37 jours	41 jours	48 jours	
0	0	22 b	31 d	38 c	23.4 a
1	2 cd	49 a	63 c	72 b	27.1 a
2	6 bc	58 a	75 a	83 a	32.1 a
3	12 ab	60 a	76 a	81 ab	31.1 a
4	21 a	63 a	64 bc	70 b	28.4 a
5	23 a	62 a	74 ab	80 ab	32.6 a

[z] Séparation moyenne par le Multiple Range Test de Duncan au niveau 05 de probabilité

A la récolte, nous avons déterminé le rendement total commercialisable et le rendement des différentes catégories de grosseur. Les racines ont été travaillées le lendemain de la récolte (conformément aux techniques et protocoles standard), et des tests variés entrepris sur le produit brut. Nous avons déterminé le poids spécifique par pesée et déplacement de l'eau, le pourcentage d'azote par le Kjeldahl total, le pourcentage de matières sèches à partir d'échantillons séchés à l'étuve. L'activité de phénolase (noircissement) fut établie en traitant les racines avec des poids égaux d'eau distillée et des solutions variées (1 g de thiourée par litre d'H_2O d, 10 g de catechol par litre d'H_2O d, et 1 g de thiourée + 1 g $FeCl_3$ par litre d'H_2O d). Les valeurs colorimétriques (L, albedo ; a, coloration rouge ; et b, coloration jaune) furent déterminées par le compteur de différences colorimétriques Hunter par rapport à un panneau standard de patate douce (L = 58,6, a = + 29,4, b = + 32,0).

Des échantillons de conserves ont été analysés environ six mois après la mise en boîte, à l'aide d'un compteur de différence colorimétrique Hunter ; le pourcentage de fibres a été déterminé par les procédés AOAC et la fermeté mesurée en fonction de la résistance au cisaillement à l'aide d'une presse à cisailler Allo-Kramer. Les résultats sont présentés au Tableau 5.

Pour les deux années, les résultats sont similaires, bien que les effets ne soient pas obligatoirement significatifs dans les deux cas. Il semblerait que des rendements réduits soient probables de la part des cultures issues de fragments de tubercules, du moins avec les cultivars et les techniques dont on dispose. Ces rendements réduits peuvent être partiellement attribués à une saison culturale effective plus courte.

Plusieurs caractéristiques qualitatives peuvent être inférieures dans le cas des patates douces produites à partir de fragments de racines et nécessitent de plus amples recherches. La concentration plus basse en azote, surtout quand elle se traduit par des valeurs en protéines plus faibles, constitue probablement le problème le plus grave. En ce qui concerne l'aptitude à la transformation, la fermeté inférieure et la décoloration plus prononcée (traduites par des valeurs plus basses pour L et des valeurs Δ L plus élevées) constituent le problème le plus préoccupant.

Il y a cependant quelque raison d'être optimiste parce que certaines interactions cultivar × traitement sont du type inverse, ce qui indique que certains cultivars se comportent mieux lors-

qu'ils sont issus de fragments de racines au lieu de germes. Nous sommes donc capables de sélectionner des lignées qui ont un bon comportement et qui sont de qualité, lorsque cultivées à partir de fragments de racines.

Tableau 5. La signification statistique des effets sur les rendements et sur les facteurs liés à la qualité de différents produits bruts et en conserve pour chacune des deux années

Variable	Effets des traitements[z] (germes vs fragments de racines)		Effets des cultivars		Effets d'interaction (traitement × cultivar)	
	1978	1979	1978	1979	1978	1979
rat N° 1	37**	81	**	**	**(M)	*(R)
rat N° 2	105	103	**	ns	*(R)	ns
rat Jumbo	10**	88	**	**	**(M)	ns
Total commercial sabé	53**	96	**	**	**(M)	*(R)
% matière sèche (racines)	97**	94**	**	ns	ns	ns
% N racines	88**	85*	**	*	ns	ns
gravité spécifique	100	100	**	**	ns	ns
ΔL (Thio - H_2O)	114		**		ns	
ΔL (Thio - Cât)	116		**		ns	
ΔL (Thio - $FeCl_3$)	108		**		ns	
Hunter « a » (Thio)	99		**		ns	
% matière sèche (feuilles)	104**		**		ns	
% N feuilles	107**		**		ns	
Hunter « a »	91**	92	**	ns	ns	ns
Hunter « b »	96**	98	**	ns	**(M)	ns
Hunter « L »	96**	97	**	ns	**(R)	ns
% fibres	84	91	ns	**	ns	ns
Firmness-shear	65**	98	**	**	ns	ns

** = Très significatifs
* = Significatifs
NS = non significatifs
l'importance de l'effet d'interaction suivi de la nature de l'interaction (R) = effet inverse
(M) = effet de magnitude

[z] Les moyennes des rendements obtenus avec des fragments de racines exprimées en pourcentage de ceux obtenus à partir de germes.

SELECTION POUR LA PRODUCTION DE FRAGMENTS DE RACINES

Notre schéma de sélection se déroule comme suit (Tableau 6). Les plants sont criblés sur la couleur de la racine en serre en fin d'hiver ou au début du printemps ; ensuite, les boutures de tiges des plantules retenues sont cultivées en champ pendant l'été et sélectionnées sur leurs caractères horticoles en automne. Elles sont conservées en magasin et, à la fin de l'hiver, sélectionnées pour leur aptitude à une bonne conservation, tout spécialement en fonction de leur résistance aux pourritures de la conservation.

Les racines sont mises en plates-bandes au printemps, évaluées pour leur aptitude à émettre des germes, puis retirées des plates-bandes. Les germes sont enlevés et les racines sont découpées en morceaux de 20 à 25 g, et dix morceaux de chaque lignée sont plantés. Nous désignons ces opérations sous l'appellation d'évaluation préliminaire. A l'automne, les parcelles sont récoltées et des choix sont faits sur la base des caractères horticoles, du potentiel productif, du taux de survie, etc. Les lignées retenues sont alors récoltées, séchées et stockées. Au printemps suivant, les racines sont découpées, traitées avec un fongicide et mises en conditions de pré-germination pendant deux à trois semaines. Après l'obtention des résultats sur le pourcentage de pourriture en

Tableau 6. Méthode de sélection utilisée à l'Université du Maryland pour repérer des lignées de patates douces adaptées à la production de fragments de racines

Epoque	Année	Lieu	Critère	Sélections retenues à partir des 10 000 plants d'origine
Début printemps	1	Serre	Couleur de la chair de la racine	3 000
Automne	1	Champ	Caractères horticoles	400
Début printemps	2	Conservation	Aptitude à la conservation	350
Fin du printemps	2	Plates-bandes de multiplication	Survie et taux de germe	300
Automne	2	Champ (essai préliminaire)	Racines filles, survie, caractères horticoles	30
Début printemps	3	Conservation	Aptitude à la conservation	25
Fin du printemps	3	Pregermination	Résistance aux pourritures	15
Automne	3	Champ (essai d'observation)	Racines filles, survie, caractères horticoles	10
Début printemps	4	Conservation	Aptitude à la conservation	8
Fin du printemps	4	Pregermination	Résistance aux pourritures	5
Automne	4	Champ (essais avancés)	Caractères horticoles, rendement, qualité	2-3

pregermination et l'élimination des lignées peu intéressantes, les fragments de racines sains sont plantés dans ce que nous appelons des essais d'observations, habituellement sans répétition. A l'automne, les lignées sont une fois de plus sélectionnées sur la base des caractères horticoles, le taux de reprise et le taux de grossissement du morceau de racine. Les lignées retenues sont placées en essais avancés ou renvoyées aux essais d'observation du printemps suivant. Les essais avancés sont habituellement répétés et, en automne, nous obtenons les résultats de rendement et de qualité.

LA POURRITURE

Les résultats fournis par trois années d'essais d'observation (Tableau 7) indiquent qu'il existe un niveau relativement élevé de résistance à la pourriture dans la population mais il faut remarquer que les fragments de racines avaient été traités par trempage dans un bain de Botran à raison de 12 g/litre, préalablement à la pregermination. Nous attribuons ce niveau de résistance à deux causes. Premièrement, les lignées ont été soumises à deux évaluations séparées pour leur aptitude à une conservation sans atteintes de pourritures, et deuxièmement, les fragments de racines n'étaient pas traités aux fongicides dans l'essai préliminaire et seules les lignées qui avaient

Tableau 7. Distribution fréquentielle des lignes en observation pour le pourcentage de fragments de racines pourris, deux semaines après le découpage

% de fragments de racines pourris	Fréquence
0-5	29.8
0.5-2.4	13.8
2.5-4.99	22.3
5.0-9.99	11.7
10.0-19.99	10.6
20	11.7

manifesté une bonne reprise avaient été choisies pour participer à l'essai d'observation. De cette façon, la plupart des lignées très susceptibles avaient été éliminées avant les essais d'observation d'où proviennent ces résultats.

Un bon état sanitaire indemne de pourriture est une grande qualité et ce, pour deux raisons. Tout d'abord, la perte de morceaux de racines, donc de matériel de multiplication, a comme conséquence l'utilisation d'une quantité de matériel de plantation supérieure à la normale. De plus, les lignées plus susceptibles ont un taux d'occupation du sol plus faible, même lorsqu'on prend garde à ne planter que des morceaux de racines sains. En 1976, nous avons planté les 16 lignées en essai d'observation, bien que certaines d'entre elles eussent une faible résistance. Nous avons trouvé une corrélation linéaire hautement significative de −0.642 entre le pourcentage de pourriture et le pourcentage de reprise.

Nous sommes persuadés qu'au fur et à mesure que le niveau de résistance à la pourriture augmente, il devient possible de se passer de l'usage des fongicides avant la pré-germination.

TYPES DE REPONSE ET CARACTERISTIQUES ASSOCIEES

Comme indiqué précédemment, nous avons relevé six types de réponse et, en 1980, nous avons réalisé une étude minutieuse des 220 lignées dans notre essai préliminaire. Outre cette classification des lignées selon leur type de réponse, nous avons aussi relevé le taux de reprise et le nombre de germes vivants par emplacement. Les résultats sont donnés à la Figure 2. Il faut noter que les types prédominants sont ceux qui présentent un morceau de tubercule grossissant (les types TG) et ceux qui présentent des racines filles indirectes (les types FI). En ce qui concerne le rapport germes/emplacement, les valeurs inférieures prédominent, et en ce qui concerne le rapport reprise/emplacement les taux supérieurs de reprise prédominent.

Reprise, germes/emplacement, et taux de germination (obtenus en plates-bandes de multiplication) pour chaque type de réponse sont présentés à la Figure 3. Il faut noter que tous les types à racines filles directes (FD) ont été fusionnés, étant donné que la classe FDTP comprend seulement deux individus. On s'aperçoit que les classes FITD et TG sont très différentes des autres classes de réponse pour les deux variables. Ceci a été vérifié par des tests de non-homogénéité.

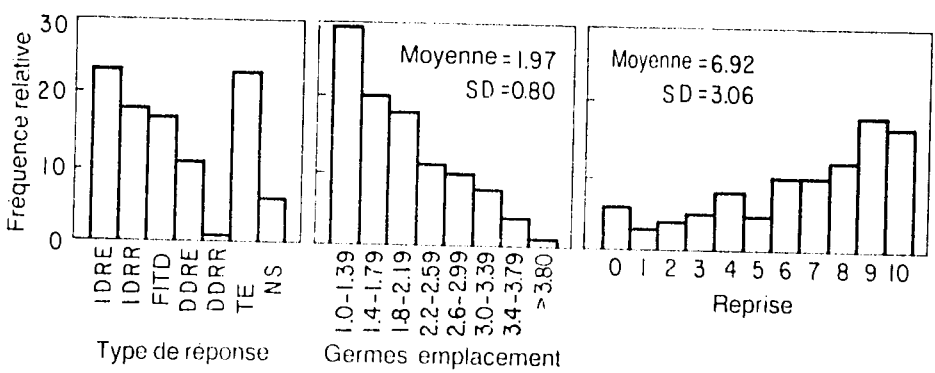


Figure 2. Fréquence relative des types de réponse, nombre de germes par emplacement et taux de reprise dans une population de lignées de patate douce plantées en fragments de racines.

Les relations entre la reprise et germes/emplacement ont été recherchées par régression polynomale. La courbe de régression fut calculée comme étant $Y = 0,05 + 4,26x - 0,77x2$ ($R_2 = ,323$) où y est le taux de reprise escompté et x est le nombre de germes/emplacement. Ces relations peuvent être expliquées en admettant que les lignées à production de germes faible ou lente son plus susceptibles de succomber aux attaques des pourritures ou des insectes avant que les fragments de racines aient bien repris. Les types à germination plus vigoureuse sont davantage capables d'émettre des germes rapidement et en abondance, ce qui diminue la vulnérabilité de leurs morceaux de racines aux attaques.

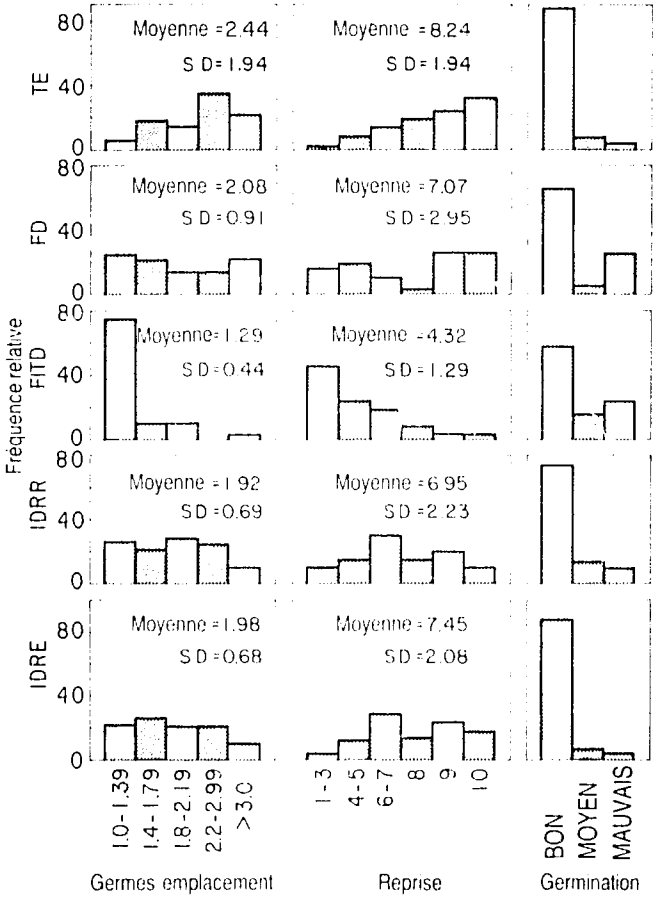


Figure 3. Fréquences relatives des germes emplacement, de reprise et de l'évaluation de la germination pour les différents types de réponse TG - FD - FITD - FITP - FITG

Les relations entre les germes des emplacements ayant repris et la reprise des différents types de réponse est quelque peu embrouillée (Figure 4). Un test de coïncidence des équations de régression indique que celles-ci sont significativement différentes mais aucune des équations propre à chaque classe de réponse n'est aussi bonne que l'équation générale en termes de valeur de R^2.

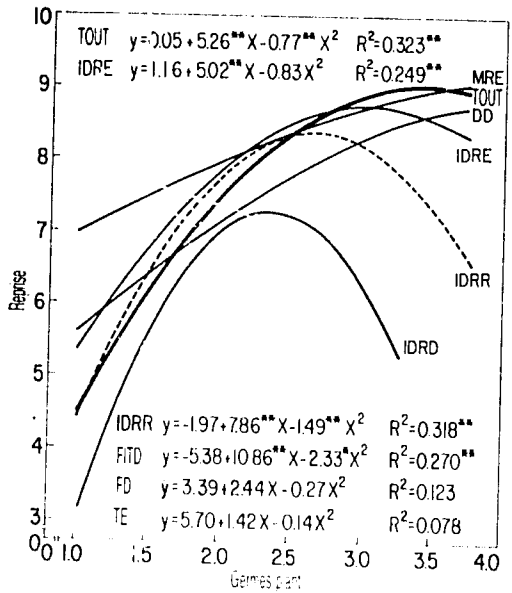


Figure 4. Courbes de régression polynomiale traduisant les relations des taux de reprise et des nombres de germes par plant pour les différents types de réponse.

Les relations liant la germination (notée en plate-bande de multiplication comme bonne, acceptable et faible) et les différents types de réponse ont fait l'objet de travaux. Nous avons établi qu'en général, les lignées à bonne germination étaient distribuées au hasard parmi les types de réponse, mais que les lignées à germination acceptable ou faible étaient représentées en quantités plus élevées que prévues dans les classes FITD, FD et la classe de non reprise (NR). Nous interprétons ces résultats en disant que la germination faible se produit chez les plants à reprise faible et que chez les plants rescapés, le fragment de tubercule planté a toutes les chances de disparaître. C'est ainsi que la classe FITD est constituée de lignées qui sont généralement de mauvais producteurs de germes, avec pour conséquence un nombre plus faible de germes emplacement et d'emplacements vivants.

Les relations entre le nombre de germes avant repris emplacement et le taux de reprise chez les différentes classes de germination sont plus révélatrices (Figure 5).

On s'aperçoit que les types à germination acceptable et faible présentent, par rapport aux lignées à bonne germination, un rapport différent entre le nombre de germes ayant repris emplacement et la reprise. La nature quadratique de la réponse peut s'expliquer si l'on admet que les fragments de racines proximaux reprennent à un taux plus élevé que les fragments distaux chez les lignées à germination faible et acceptable (présumées montrer un taux plus élevé de forte dominance proximale).

Ainsi donc, les lignées de sélection, représentées par le côté droit des courbes de régression, sont constituées de types à germination faible ou acceptable, et à forte dominance proximale. Il en résulte une plus forte reprise des fragments proximaux que des fragments distaux ce qui se matérialise par davantage de germes vivants plant et un taux de reprise plus bas. Nous pouvons aussi expliquer la nature quadratique des types de réponse FITP et FITD en notant que ces classes se composent à raison de 25 % et 40 % respectivement, de lignées à germination acceptable ou faible.

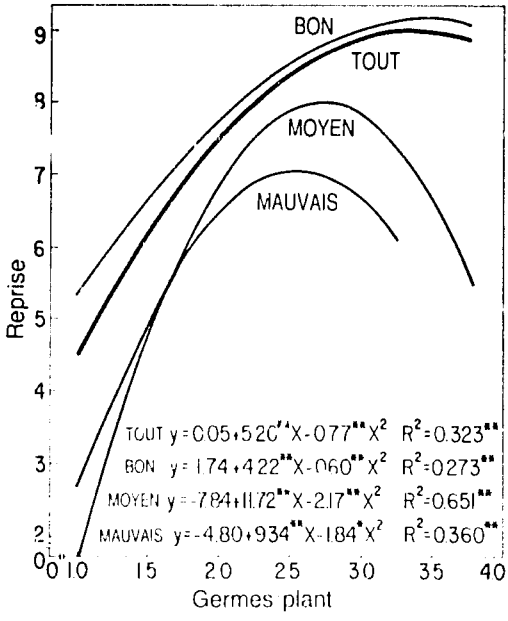


Figure 5. Courbes de régression polynomiale traduisant les relations entre le taux de reprise et le nombre de germes par emplacement pour les différentes classes de germination (évaluées avant plantation).

L'importance de la relation entre l'aptitude à germer et le type de réponse est soulignée en comparant les types de réponse de l'essai préliminaire de 1971 avec ceux de l'essai préliminaire de 1980 (tableau 8). Il est à noter que la fréquence des groupes de réponse FD et FITD a diminué et que la fréquence des types de réponse FITG et TG a augmenté.

Tableau 8. Pourcentage de fréquence des types de réponse et des catégories de germination pour les années 1971 et 1980

	1971	1980
FITG	22.2	23.2
FITP	21.8	18.2
FITD	19.4	17.3
FDTG	19.4	11.4
FDTP	10.1	0.9
TG	3.9	22.7
NR	3.1	6.4
Bonne germination	23.2	74.6
Germination acceptable	37.2	11.3
Germination faible	39.6	14.1

Nous pouvons conclure qu'en augmentant l'aptitude à émettre des germes de la population globale, nous avons aussi augmenté la fréquence des fragments de racines qui grossissent, et diminué la fréquence des racines filles directes dans la population. En l'absence de données pour l'année 1971 sur la reprise et le nombre de germes vivants/plant, nous ne pouvons que supposer que ces deux facteurs ont augmenté, suite à la capacité accrue de germination de la population.

BIBLIOGRAPHIE

BOUWKAMP, J. C. and L. E. SCOTT. 1972. Production of sweet potatoes from cut root pieces. HortScience 7: 271-272.

BOUWKAMP, J. C., L. E. SCOTT and J. G. Kantzes. 1971. Control of softrot (*Rhizopus* sp) in cut root pieces of sweet potatoes with Botran (2-6-dichloro-4-nitroaniline). Plant Disease Reporter 55: 1097-1099.

DEONIER, M. T. and L. J. KUSHMAN. 1960. The effect of pre-sprouting and type of bed ont the early production of sweet potato plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75: 557-560.

KOBAYASHI, M. 1968. Studies on breeding and vegetative propagation of sweet potato varieties adapted to direct planting. Bull. Chugoku Agric. Expt. Sta. A Crop Div. 16: 245-269.

KOBAYASHI, M. and S. AKITA. 1966. Studies on the breeding of sweet potato adapted for seed-tuber planting culture. I. Variations of yielding ability of F_1 plants. (in Japanese with English summary). Japanese J. Breeding. 15: 57.

KODAMA, T. and R. KOBAYASHI. 1952. Studies on the culture of direct sown sweet potato. I. Influence of sowing time of seed tuber upon the growth and yield of sweet potato. (in Japenese with English summary). Bull. Kanto-tozan Agric. Expt. Sta. 3: 43-49.

KODAMA, T. and R. KOBAYASHI. 1954. Studies on the culture of direct sown sweet potato. II. Comparison between growth habits of sweet potato plant on direct sowing with seed tubers and transplanting with sprouts. (in Japanese with English summary). Bull. Kanto-tozan Agric. Expt. Sta. 6: 103-107.

KODAMA, T. and T. NOMOTO. 1965. Studies on the culture of direct sown sweet potato. III. Productivity of seed tuber produced in different transplanting time. (in Japanese with English summary). Bull. Kanto-tozan Agric. Expt. Sta. 6: 108-112.

KODAMA, T. and T. NOMOTO. 1955. Studies on the culture of direct sown sweet potato. IV. Productivity of seed tuber produced under different cultural conditions. (in Japanese with English summary). Bull. Kanto-tozan Agric. Expt. Sta. 8: 104-111.

KODAMA, T. and T. NOMOTO and K. WATANABE. 1958. Studies on the growth and yield of sweet potato plants sown directly under different cultural conditions. I. On the growth and yield under different water contents of the soil. II. On the growth and yield under different soil and cultural elevations. (in Japanese with English summary). Proc. Crop Sci. Soc. Japan 26: 225-227.

LUTZ, J. M., M. T. Deonier and C. E. STEINBAUER. 1964. Studies on possibilities and limitation of the seed piece method of planting sweet potatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 48: 443-448.

SCOTT, L. E. and J. C. BOUWKAMP. 1975. Effect of chronological age on composition and firmness of raw and processed sweet potatoes. HortScience 10: 165-168.

THOMPSON, R. C. and J. H. BEATTLE. 1931. Proximal dominance in the sweet potato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 28: 270-275.

LES FACTEURS PHYSIQUES AFFECTANT LE RENDEMENT EN RACINES DE LA PATATE DOUCE

A. SAJJAPONGSE et Y. C. ROAN
Centre Asiatique de Recherche et de Développement des Cultures Maraîchères, (AVRDC) Shanhua, Tainan 741, Taiwan.

INTRODUCTION

Dans le cas de la patate douce, comme chez la plupart des plantes à racines, ce sont normalement les racines elles-mêmes qui sont récoltées et qui constituent l'aliment. L'étendue du développement racinaire, et donc du rendement en tubercules, est influencée dans une large mesure par le développement végétatif ou croissance des tiges, bien que les conditions favorables au développement des tiges ne soient pas toujours celles qui favorisent la formation des racines. Une plante feuillue à tiges vigoureuses a très souvent une production de racines peu élevée. On pense que le premier stade de formation des racines est l'accumulation de photosynthétats, en particulier d'hydrates de carbone provenant de la partie aérienne (Austin *et al.* 1970). La date d'application de l'azote, l'irrigation ou l'humidité du sol et les propriétés physiques du sol, figurent parmi les facteurs auxquels on attribue un rôle important dans le rendement en racines. Un excès d'azote peut causer un développement exagéré des tiges, mais aussi une réduction du rendement en racines (Johnson et Ware 1948); Lana et Peterson 1956, De Geus 1967). Jones (1961) avance que 3610 mm environ d'eau saisonnière est la quantité d'eau requise par une culture de patates douces. Pearson (1961) a établi qu'une irrigation de 254 mm par semaine était suffisante pour assurer un rendement élevé en patates douces, alors qu'une irrigation de 127 mm par semaine réduisait le rendement de manière significative. Une sécheresse temporaire imposée à un certain moment est susceptible de contribuer à une formation accrue de racines, toutefois, la compacité du sol peut également avoir une influence significative sur le rendement.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de l'irrigation et de la compacité du sol sur les rendements en racines des patates douces.

MATERIELS ET METHODES

Trois expériences ont été réalisées pendant la période 1979-80. Deux expériences en champ avaient pour but d'étudier l'effet de l'époque d'irrigation ; et la troisième, réalisée en pots, d'étudier l'effet de la compacité du sol sur le rendement en racines.

Expériences en champ

Les deux expériences sur le terrain, l'une à l'automne (12 octobre 1979-31 mars 1980), l'autre au printemps (19 mars-31 juillet 1980) étaient identiques, excepté que dix irrigations furent appliquées comme traitements en automne et 12 traitements furent appliqués au printemps.

Un dispositif en blocs complètement randomisé fut utilisé, les traitements s'effectuant sous forme d'irrigations faites à différentes époques, de 20 jours après la plantation (JAP) à 120 jours, et répétées quatre fois. Le terrain fut d'abord travaillé au pulvériseur rotatif et des plates-bandes de 3 m × 12 m, comportant trois billons, furent aménagées. Les répétitions étaient séparées par des allées de 1 m de large et les plates-bandes par des allées de 0,5 m. Avant la plantation, la plate-bande fut fertilisée avec 40, 60 et 100 kg/ha d'azote, de P_2O_5 et de K_2O, fournis respectivement par de l'urée, du superphosphate et du chlorure de potasse. Un mois plus tard, tous les traitements reçurent un complément de fertilisation de 40 et 100 kg/ha d'azote, et de K_2O, appliqués le long des lignes. Le buttage fut aussi exécuté à ce moment. Pour la plantation fut utilisée la lignée de patate douce sélectionnée à l'AVRDC, la AIS 35-2. Des boutures d'environ 30 cm de long furent plantées sur les plates-bandes avec un écartement de 0,3 × 1 (3 lignes/plate-bande).

Le premier traitement différentiel d'irrigation commença à 20 JAP, et le dernier à 120 JAP. A chaque irrigation, l'humidité du sol était amenée environ au niveau de la capacité en champ. Pendant la croissance des plantes, les mauvaises herbes furent éliminées à la houe. A la récolte, seule la ligne centrale fut retenue pour les mesures.

Expérience en pot

Cette expérience en pot comprenait huit traitements constitués par huit densités apparentes de sol différentes. Elle était disposée en blocs complètement randomisés et répétée trois fois. L'expérience était menée en dehors de la serre.

Le sol prélevé du champ fut séché à l'air et passé au travers d'un tamis à trous de 2 mm. On le plaça ensuite dans un seau de 14 litres sur une épaisseur d'environ 4 cm, puis on le pila à l'aide d'un pilon en bois pour que sa texture devienne d'une compacité uniforme, vérifiée au pénétromètre. Cette opération fut répétée par couches successives jusqu'à ce que le seau soit presque rempli. De cette manière, huit densités apparentes furent obtenues. Les traitements détaillés figurent au tableau 1. Avant le pilonnage, chaque lot de 18 kg de terre avait reçu 10,3, 9 et 4,5 g respectivement de sulfate d'ammonium, de superphosphate et de chlorure de potasse. Après le pilonnage, le taux d'humidité du sol fut amené au taux de capacité au champ et on laissa le sol incuber pendant trois jours avant la plantation. Le 1er août 1980, une bouture de 30 cm de long de la variété de patate douce sélectionnée AIS 35-2 fut plantée dans chaque pot. Un taux d'humidité du sol correspondant grosso modo à la capacité au champ fut maintenu pendant toute la période de croissance de plante. A la récolte, le 23 décembre 1980, la partie superficielle du sol fut coupée et pesée séparément de la racine. Le rendement en racines, le nombre de racines par plant, et le poids moyen des racines, furent également notés.

Tableau 1. Détails des traitements appliqués lors de l'expérimentation de printemps

Traitement	Sol sec total (kg)	Volume de sol (litres)	Densité apparente (g/cc)	Lecture au pénétromètre (kg/cm²)
1	17,0	14,2	1,19	Sol
2	17,5	14,2	1,23	Sol
3	18,5	14,2	1,30	2
4	19,9	14,2	1,40	3
5	21,3	14,2	1,50	5
6	22,7	14,2	1,60	11
7	24,1	14,2	1,70	13
8	25,6	14,2	1,80	15

RESULTATS ET DISCUSSION

Effet de l'époque d'irrigation

Les effets des époques d'irrigation sur le rendement en racines, le poids des tiges, le nombre de racines et la taille des racines sont présentées au tableau 2, pour la plantation d'automne. Le développement aérien ou le poids des tiges fraîches a été affecté de manière significative par l'époque d'irrigation. La plus faible croissance des tiges, correspondant à 3,8 t/ha, était celle du témoin (sans irrigation). Parmi les traitements avec irrigation, la plus faible croissance aérienne, 4,3 t/ha, correspondait à l'application de l'eau à 30 JAP, alors que la plus forte croissance, qui donnait 6,9 t/ha était obtenue par le traitement qui recevait l'irrigation à 60 et 120 JAP. Les résultats ont montré que l'irrigation effectuée au dernier stade de croissance donnait la meilleure production de tiges. Pour la production de racines, la tendance était assez semblable. Le plus faible rendement de 13,4 t/ha, était celui du témoin, qui ne recevait pas d'irrigation. Le rendement du traitement qui recevait une seule irrigation à 30 JAP, 14,4 t/ha, était beaucoup plus bas que celui des autres traitements qui recevaient l'irrigation aux stades de croissance plus tardifs, à 60, 90 et 120 JAP. Les différences de rendements en racines furent attribuées aux différences dans la taille des racines, comme l'analyse des coefficients de corrélation le montre (Tableau 3). Les résultats de la deuxième expérience, du printemps 1980, figurent au Tableau 4. Ils concordent pour l'essentiel à ceux de l'automne 1979. On a de nouveau observé que le fait d'irriguer à 30 JAP réduisait considérablement le rendement en racines, qui était même plus faible que celui du témoin (5,6 contre 6,6 t/ha). L'irrigation à 40 ou 50 JAP donnait aussi de faibles rendements. La meilleure application unique d'eau était celle faite à 60 JAP, avec un rendement de 8,3 t/ha. Irriguer deux fois à 40 et 90 JAP permettait d'obtenir le rendement le plus élevé. La différence de rendement était attribuée à la différence de taille des racines (Tableau 3).

Le rendement économique de la culture n'est pas toujours étroitement liée à la croissance totale. Pour la patate douce, une croissance excessive des sommets peut causer un abaissement de la production de racines. L'interaction entre le poids des tiges et le rendement en racines était, pour l'essai d'automne, hautement significative (r = 0,88**), alors que celle pour l'essai de printemps n'était pas significative (r = 0,55).

Tableau 2. Effet de l'époque d'irrigation sur le rendement et la croissance aérienne de la patate douce (AIS 35-2), automne 1979, AVRDC

Époque d'irrigation JAP	Poids des tiges t/ha	Rendement en racines t/ha	Nombre de racines par plant	Dimension de la racine g/racine
30	4.4	14.2	4.13	122.90
60	5.2	18.8	4.27	152.30
90	5.8	16.6	4.23	152.09
120	6.8	19.3	4.32	148.69
30, 60	5.3	18.1	3.67	164.67
30, 90	5.6	17.0	4.84	120.35
60, 120	6.9	19.6	4.36	147.21
90, 120	6.5	17.6	3.92	154.43
30, 60, 90, 120	6.5	19.2	4.34	143.21
Sans irrigation	3.8	13.4	3.83	116.76
LDS 05	1.68	ns	ns	ns

ns = non significatif

La suppression de la croissance foliaire sélectivement par manque d'humidité peut favoriser la formation des boutons floraux (William et Joseph 1976) et l'époque d'irrigation pourrait avoir un

effet prononcé sur le rendement en racines de la patate douce (Tanaka et Sekioka 1976). La formation des racines de la patate douce peut se trouver stimulée lorsque des périodes de sécheresse sont imposées pendant un certain temps pendant la croissance de la plante. Jones (1961) a montré que l'irrigation de la patate douce donnait les plus hauts rendements en racines lorsque 40 % de la quantité totale d'eau disponible était enlevée. Cette étude indique que la première irrigation ne devrait être faite qu'à 60 JAP. Dans ces conditions, une plus grande quantité de photosynthétats peut être transmise pour augmenter le développement et/ou le grossissement des racines.

Tableau 3. Le coefficient de corrélation entre le rendement en racines et le nombre de racine et le poids de racines par plant, en fonction de l'époque d'irrigation, AVRDC, 1979-1980

	Coefficient de corrélation			
	Automne		Printemps	
	Nbre de racines	Poids des racines	Nbre de racines	Taille des racines
Rendement total	0.66	0.75*	0.44	0.95**

* Significatif au taux de probabilité de 5%.
** Très significatif au taux de probabilité de 1%.

Tableau 4. Effet de l'époque d'irrigation sur le rendement en racines de la patate douce (AIS 35-2), printemps 1980, AVRDC

Époque d'irrigation JAP	Poids des tiges t/ha	Rendement total t/ha	Nombre de racines no/plant	Poids des racines g/racines
20	15.0	7.7	3.9	68.5
30	14.8	5.6	3.1	63.8
40	12.1	5.7	3.4	60.3
50	17.0	6.9	3.4	71.0
60	15.5	8.3	3.1	87.5
90	21.9	7.4	3.4	74.5
20, 90	18.8	9.1	3.6	80.8
30, 90	17.5	9.0	3.6	81.3
40, 90	20.3	11.9	3.5	102.1
50, 90	20.5	10.4	3.5	94.8
20, 30, 40, 50, 60, 90	14.6	10.0	3.9	84.8
Pas d'irrigation	17.3	6.6	2.3	67.5

Effet de la compacité du sol

Le tableau 5 montre l'effet de la compacité du sol sur la croissance et le développement racinaire de la patate douce. On a observé que lorsque la compacité du sol augmentait, la croissance de la plante était considérablement réduite, ce qui se traduisait par la réduction considérable du nombre de feuilles par plante et de la hauteur de la plante, mesurée à 30 JAP.

La meilleure croissance était obtenue par la plus faible densité apparente du sol (1,10 g/cc). Par contre, l'effet de la compacité du sol sur le rendement en racines était quelque peu différent. Les rendements faibles provenaient, de compacités du sol soit trop élevées, soit trop basses. Les meilleurs rendements de 367,7 à 410,7 g/plant furent obtenus à une densité apparente du sol

comprise entre 1,3 et 1,5 g/cc. Les différences de rendement étaient davantage dues à des différences au niveau de la taille des racines qu'au nombre de racines (Tableau 6).

Pour obtenir des rendements meilleurs, la densité du sol doit être prise en compte. Les résultats montrent qu'un sol meuble ou à densité apparente faible favorise le développement végétatif aux dépens de la formation des racines. Par contre, une densité apparente élevée réduit à la fois la production racinaire et le développement aérien de la patate douce, et le grossissement des racines est contrecarré. La meilleure densité apparente du sol est d'environ 1,3 à 1,5 g/cc.

Tableau 5. Effet de la compacité du sol sur la patate douce (AIS-35-2), 1980, AVRDC

Densité apparente	Croissance à 30 JAP		Poids des tiges g/plante	Rendement en racines		
	Nbre de feuilles par plant	Hauteur en cm		Poids des racines g/plante	Nombre de racines/plante	Taille des racines g/racine
1.19	71.3	58.7	308.7	294.3	6.3	46.7
1.23	51.7	35.3	248.3	324.3	3.3	98.3
1.30	50.3	29.0	255.0	410.7	4.0	102.7
1.43	51.0	39.6	245.0	367.7	4.7	78.2
1.50	59.3	39.0	265.7	490.7	6.7	60.7
1.60	42.7	37.7	261.7	282.7	5.7	49.6
1.70	36.7	33.0	353.3	160.0	2.7	20.8
1.80	47.7	36.0	271.7	323.0	4.0	80.7

Tableau 6. Le coefficient de corrélation entre le rendement en racines d'une part, et le nombre de racines et la taille de la racine, par plante, en fonction de la compacité du sol, d'autre part. AVRDC, 1980

	Coefficient de corrélation	
	Nbre de racines	Taille des racines
Rendement total	−0.53	0.76*

* Significatif à un taux de probabilité de 5%

BIBLIOGRAPHIE

AUSTIN, M. E., L. H., Aung and B. GRAVES. 1970. Some observations on growth and development of sweet potato (*Ipomoea batatas*). J. HORT. Sci. 45 : 257-264.

DE GEUS, J. G. 1967. Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Conzett and Huber. Zurich. 727 p.

JOHNSON, W. A. and L. M. WARE. 1948. Effect of rates of nitrogen on the relative yields of sweet potato vines and roots. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 52 : 313-316.

JONES, S. T. 1961. Effect of irrigation at different levels of soil moisture on yield and evapotranspiration rate of sweet potatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77 : 458-462.

LANA, E. P. and L. E. PETERSEN. 1956. The effect of fertilizer — irrigation combination on sweet potatoes in Buckner coarse sand. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68 : 400-405

PEARSON, L. E. 1961. The varietal response of sweet potatoes to changing levels of irrigation, fertilizer and plant spacing. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 77 : 452-457.

TANAKA, J. S. and T. T. SEKIOKA. 1976. Sweet potato production in Hawaii. Proc. of the Fourth Symp. of the Inter. Soc. for Trop. Root Crops. 150-15'.

WILLIAMS, C. N. and K. T. JOSEPH. 1976. Climate, soil and crop production in the humid tropics. Oxford Univ. Press, Kuala Lumpur. 177 p.

L'EPOQUE ET LA FREQUENCE DE LA CUEILLETTE DES POUSSES DE PATATE DOUCE A DIFFERENTS NIVEAUX DE FUMURE AZOTEE

P. U. BARTOLINI
Centre Philippin de Formation et de Recherches sur les Plantes à racines, VISCA, Leyte 7127, Philippines.

INTRODUCTION

Aux Philippines, on ne consomme pas seulement les racines de la patate douce (*Ipomoea batatas* (L) Poir), mais aussi ses tendres pousses. Les pousses de patate douce constituent une bonne source de vitamines A et B1, de fer et de protéine. Elles sont aussi une source potentielle d'aliments et de fourrage pour compléter l'alimentation ordinaire de l'homme et des animaux.

Les pousses de patate douce contiennent jusqu'à 2,8 g de protéine dans une portion de 100 g comestible (FNRC 1968). Li (1974) a aussi indiqué que les racines de différents cultivars contenaient entre 1,3 % et 25,8 % de protéine. Pour cueillir les pousses, il est donc important de choisir le moment de la récolte, de manière à ne pas nuire à la production de racines. Les sommités de la patate douce sont également précieuses comme matériels de plantation pour la multiplication. Le manque de matériels de plantation limite souvent l'extension des superficies de production.

Les objectifs de cette expérimentation étaient de déterminer l'âge optimum de la plante pour la cueillette des pousses, de mesurer les effets de la fréquence de la cueillette sur la formation des racines et sur leur composition chimique, et de déterminer les effets de différents niveaux de fertilité et de modes de cueillette sur le rendement et les autres caractéristiques agronomiques de la patate douce.

MATERIELS ET METHODES

Trois expériences furent réalisées pendant deux années, et dénommées Essai A (comprenant deux essais la première année) et Essai B (un essai la seconde année)

Essai A

Cet essai étudiant l'interaction de l'âge du plant avec la fréquence de la cueillette, — il fut réalisé la première année au cours des deux saisons — l'une sèche et l'autre humide. Les traitements de l'essai A figurent ci-après :

Les mêmes méthodes et soins culturaux ont été utilisés pour les deux saisons culturales. Une dose uniforme d'engrais de 60-62, 4-49, 8 kg de NPK/ha fut appliquée à la plantation. Des boutures apicales de trente centimètres de la variété BNAS 51 furent plantées une par une à 25 cm d'écartement sur des lignes, celles-ci étant écartées de 100 cm. Le désherbage fut réalisé à la demande. Sarclage, binage et buttage furent exécutés un mois après la plantation. Les sommités

furent coupées à 35 cm au niveau du septième nœud à partir du verticille de feuilles non-ouvertes. Enfin, on rassembla les données concernant le nombre et le poids des sommités, ainsi que les racines commercialisables et non commercialisables à la récolte. Le dispositif en blocs complets randomisé à trois répétitions fut utilisé pour les deux essais.

Code du traitement	Culture de saison sèche Age du plant à la cueillette [Z] (Semaines après plantation)	Culture de saison humide Age du plant à la cueillette [Y] (Semaines après plantation)
To	Pas de cueillette	Pas de cueillette
T1	4-6	4-8
T2	6-8	6-10
T3	8-10	8-12
T4	10-12	10-14
T5	12-14	12-16
T6	14-16	Cueillette continue 4-16
T7	10-16	—
T8	12-16	—

[Z] Deux cueillettes à intervalles bi-hebdomadaires eurent lieu, sauf pour To, T7 et T8 qui furent écimés 0, 4 et 3 fois, respectivement.
[Y] Trois cueillettes à intervalles bi-hebdomadaires eurent lieu sauf pour To et T6 qui furent écimés 0 et 7 fois, respectivement

Essai B

Il fut réalisé la deuxième année et étudiait des combinaisons de plants cueillis à quatre âges différents et traités à cinq différents niveaux de fertilisation. Ils comprenaient un témoin non cueilli (Tc), une triple cueillette à intervalles bi-hebdomadaires aux semaines 6-10 (T2) et 12-16 (T5) après la plantation, et une cueillette faite sept fois commençant à la 4ème et s'arrêtant à la 16ème semaine après la plantation (T6). Les niveaux de fertilisation observés étaient de 0-0-0, 0-60-60, 30-30-30, 60-60-60 et 90-60-60 kg/ha de NPK. Tous les traitements à l'engrais furent appliqués au moment de la plantation sauf 90-60-60 ; dans ce cas, un tiers de l'azote fut appliqué un mois après la plantation. Le restant de l'azote fut appliqué au moment de la plantation.

L'essai fut réalisé selon un dispositif split plot à trois répétitions, la parcelle principale étant le niveau d'azote et la sous-parcelle l'âge du plant au sommet de la cueillette. Les résultats furent rassemblés suivant le système adopté pour l'essai A, et l'analyse de la racine pour son contenu en amidon et en sucre fut incluse.

RESULTATS ET DISCUSSION

Rendement en racines commercialisables

Les résultats fournis par la culture de saison sèche (Figure 1) montrent les effets de la cueillette sur le rendement en racines commercialisables. Bien que dépourvue de signification statistique, les différences numériques de rendement en racines semblent obéir à une certaine tendance. Comparé à To (témoin zéro cueillette), le plus haut rendement fut obtenu par T1, soit une double cueillette effectuée environ un mois après la plantation, qui a donné un rendement de 21 t/ha. Il était suivi par T2, cueilli environ 1 ½ mois après la plantation, avec un rendement de 20 t/ha de racines fraîches commercialisables. Les résultats donnent à penser que la double cueillette augmentait le rendement lorsqu'elle était effectuée alors que la plante était âgée de un à deux mois.

Cependant, il apparaît que la cueillette est nocive vis-à-vis de la production de racines lorsqu'elle est pratiquée au-delà de deux mois après la plantation. La formation et le développement rapides des racines se situent à cette période. Comme l'indique le résultat de T7, en augmentant la fréquence des cueillettes à quatre fois, on réduit le rendement de façon encore plus drastique.

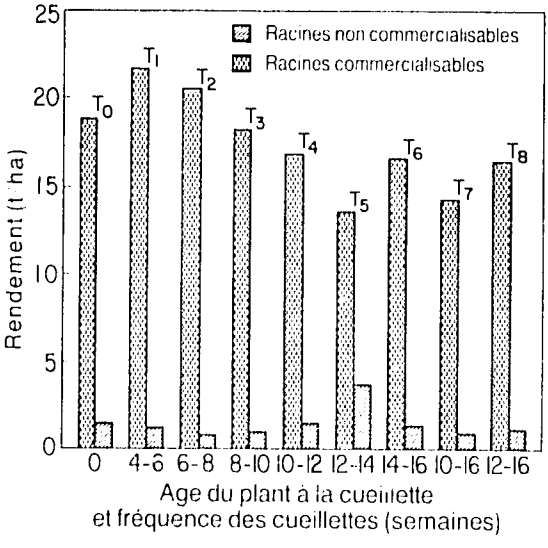


Figure 1. Rendement moyen en racines commercialisables et non commercialisables de patate douce, en fonction des traitements de cueillette, culture de saison sèche, 1979.

La culture de saison humide montre des différences significatives entre les traitements de cueillette (Figure 2). Comparés au To (témoin), T2 donnait le rendement le plus élevé de 17,1 t/ha, suivi par T5 avec 16,8 t/ha de racines fraîches commercialisables. T6 (cueillette continue) provoqua

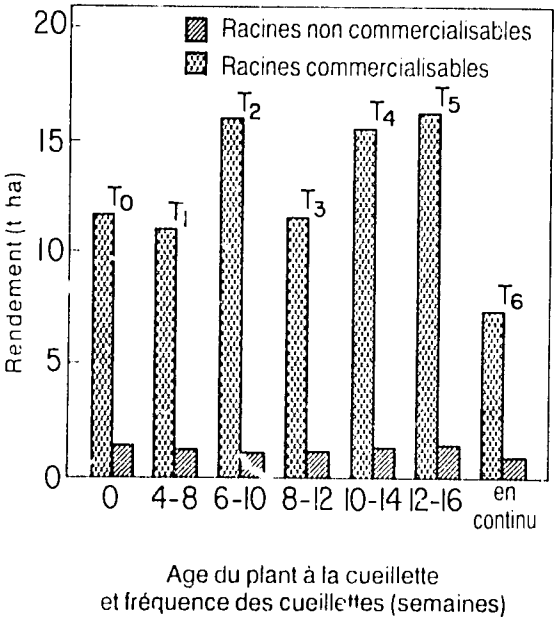


Figure 2. Rendement moyen en racines commercialisables et non commercialisables de patate douce, en fonction des traitements de cueillette, culture de saison humide, 1979.

une réduction drastique du rendement avec 7,1 t/ha. La triple cueillette pendant le cycle de croissance de la plante eut des effets significatifs sur le rendement de la patate douce. Ainsi, un rythme de cueillette approprié augmente le rendement mais une cueillette plus fréquente et continue le réduit considérablement.

Au cours de la deuxième année, dans l'essai B, les poids des racines commercialisables a été affecté de façon significative par la cueillette et non par les traitements d'engrais (Figure 3). La fertilisation n'a pas compensé la réduction du rendement en racines commercialisables causée par la cueillette, et ceci confirme aussi les études faites par Gonzles *et al* (1977). To (pas de cueillette) a donné le plus haut rendement de racines commercialisables, suivi par T5, avec 22,0 et 18,5 t/ha, respectivement. T6 (cueillette continue) a donné le rendement le plus bas avec seulement 12,8 t/ha de racines commercialisables.

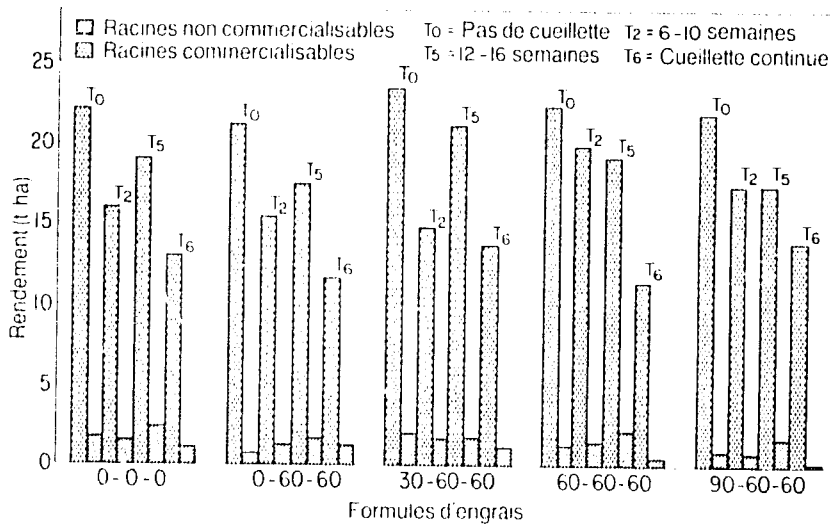


Figure 3. Rendement en racines commercialisables et non commercialisables de patate douce (BNAS 51) en fonction de l'engrais et des traitements de cueillette, culture de saison sèche, 1980

Nombre de racines commercialisables

Un rendement élevé est associé à la fois à des racines commercialisables plus grosses et à leur nombre plus élevé. La cueillette faite à trois reprises seulement favorise la production d'un plus grand nombre de racines commercialisables (Tableau 1, culture de saison humide). T6 (cueillette continue) a réduit considérablement le nombre de racines commercialisables dans toutes les cultures.

La fertilisation et les cueillettes ont eu un effet sur le nombre de racines commercialisables (Tableau 1, saison sèche). L'augmentation des apports d'engrais a réduit le nombre de racines commercialisables. Ceci peut être dû à la croissance vigoureuse de la plante qui produit alors plus de matières végétatives et un rendement plus faible. L'absence de fertilisation et de cueillette favorisait par contre un nombre plus élevé de racines commercialisables.

Rendement en pousses

Une cueillette fréquente ou continue augmentait successivement le nombre de pousses, dans toutes les cultures, de sorte que plus le nombre de cueillettes était élevé, plus le nombre de pousses récoltées était important, bien que cela réduisit le rendement en racines (Tableau 1).

Tableau 1. Nombre moyen de racines commercialisables et non commercialisables et nombre de pousses de patate douce récoltées (BNAS 51) en fonction de l'âge du plant à la cueillette, de la fréquence de cueillette et de l'engrais appliqué

Traitement	Nombre de racines (× 10⁻⁴)[1]		Nombre de pousses récoltées/ha (× 10⁻⁴)
	Commercialisables	Non commercialisables	
Essai A			
Culture de saison sèche			
T0 (pas de cueillette)	76.8	42.7	–
T1 (4 - 6 semaines)	82.9	34.5	21.7 d
T2 (6 - 8 semaines)	72.3	30.3	36.7 d
T3 (8 - 10 semaines)	73.5	25.8	53.4 d
T4 (10 - 12 semaines)	82.7	41.8	65.4 bc
T5 (12 - 14 semaines)	72.7	41.6	67.0 bc
T6 (14 - 16 semaines)	70.8	43.3	52.0 c
T7 (10 - 16 semaines)	72.0	37.3	111.0 a
T8 (12 - 16 semaines)	64.6	40.8	79.1 b
CV (%)	16.3	22.1	3.6
Culture de saison humide			
T0 (pas de cueillette)	34.8 c	13.0	--
T1 (4 - 8 semaines)	33.7 c	19.5	71.5 c
T2 (6 - 10 semaines)	50.8 a	14.8	110.1 bc
T3 (8 - 12 semaines)	36.5 c	19.0	117.0 b
T4 (10 - 14 semaines)	49.3 a	16.2	109.2 bc
T5 (12 - 16 semaines)	43.3 b	18.8	114.8 b
T6 (cueillette continue)	27.5 d	11.2	178.2 a
CV (%)	21.8	30.4	18.4
Essai B			
Culture de saison sèche			
Niveau de fertilisation			
F0 (0-0-0)	104.8 a	46.9 a	50.1
F1 (0-60-60)	89.0 b	39.7 ab	48.9
F2 (30-60-60)	87.2 bc	37.0 abc	52.0
F3 (60-60-60)	86.8 bcd	28.4 bcd	54.7
F4 (90-60-60)	80.4 e	20.6 d	55.2
Age des plants à la cueillette			
T0 (pas de cueillette)	105.6 a	37.2 ab	–
T2 (6 - 10 semaines)	83.7 bc	31.5 bc	30.7 c
T5 (12 - 16 semaines)	97.4 ab	46.4 a	45.9 b
T6 (cueillette continue)	71.7 c	23.1 c	81.1 a
CV (%)			
Parcelle principale	24.4	45.4	25.1
Sous parcelle	7.2	38.9	15.6

[1] Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas de manière significative au taux de 5 % suivant le « Duncan's Multiple Range Test »

Teneur en amidon exprimée en pourcentage (poids de matières sèches)

Le niveau de fertilisation et la fréquence des traitements par cueillette ont affecté le contenu en amidon des racines (Tableau 2). Des niveaux plus élevés d'engrais azoté semblaient provoquer une augmentation du pourcentage en amidon des racines. F3 (60-60-60) et F4 (90-60-60) ont donné les plus forts pourcentages en amidon, (tous deux 67,1 %). Ils étaient suivis par F2 (30-60-60) et par F1 (0-60-60), qui ont donné respectivement des pourcentages de teneurs amylacées de 66,5 % et de 66,0 %.

La cueillette a paru agir sur le pourcentage en amidon dans les racines, comme le montre l'ordre décroissant depuis la cueillette continue (T6) avec 66,8 % jusqu'à la non cueillette avec seulement 66,0 % d'amidon.

Pourcentage total en sucres

Le pourcentage total en sucres n'a pas été affecté, ni par la fertilisation ni par les traitements par cueillette des pousses. Le pourcentage en sucres n'a pas non plus varié de façon significative avec les engrais ou avec les traitements par cueillette.

CONCLUSION

La cueillette augmente significativement le rendement en racines, lorsqu'elle est faite environ 1 ½ à deux mois après la plantation. La cueillette faite au-delà de deux mois se montre nuisible à la production de racines. Une cueillette plus répétée ou continue réduit la production de racines de façon prononcée, mais un rendement en pousses plus élevé est alors obtenu.

La fertilisation azotée et la cueillette des pousses semblent agir sur le pourcentage des racines en amidon. Le pourcentage des sucres totaux n'était affecté, ni par la fertilisation ni par la cueillette.

Tableau 2. Pourcentage en amidon et pourcentage en sucres totaux en fonction des niveaux de fertilisation et de la cueillette (sur la base du poids en matières seches) [2]

Traitements	Taux d'amidon	% sucres totaux
Niveaux de fertilisation		
F0 (0-0-0)	65.4	12.6
F1 (0-60-60)	66.0	12.5
F2 (30-60-60)	66.5	12.3
F3 (60-60-60)	67.1	12.4
F4 (90-60-60)	67.1	12.6
Ages de cueillette		
T0 (pas de cueillette)	66.0	12.5
T2 (6 - 10 semaines après plantation)	66.3	12.5
T5 (12 - 16 semaines après plantation)	66.7	12.4
T6 (continue)	66.8	12.6

[2] Trois échantillons prélevés dans chaque répétition étaient mélangés pour l'analyse afin de produire un échantillon sec de 100 g.

BIBLIOGRAPHIE

FOOD AND NUTRITION RESEARCH CENTER (FNRC). 1968. Food composition table. Handbook 1 (4th edition). National Science and Development Board, Manila, Philippines. 134 pp.

GONZALES, F. R., T. G. CADIZ and M. S. BUGAWAN. 1977. Effects of topping and fertilization on the yield and protein content of three varieties of sweet potato. Philippine J. Crop Sci. 2(2): 97-102.

LI, L. 1974. Variation in protein content and its relation to other characters in sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L). Field Crop Abstracts 28(11): 720.

LA MECANISATION DE LA PRODUCTION DE LA PATATE DOUCE

L. W. WILSON[a] et C. F. ABRAMS, JR[b]
a Science Horticole, Université d'Etat de Caroline du Nord, RAleigh, NC 27650, EU.
b Génie Biologique et Agricole, Université d'Etat de Caroline du Nord EU.

INTRODUCTION

Aux Etats-Unis, environ 700 000 tonnes de patates douces sont produites annuellement sur quelque 48 500 ha. Plus d'un tiers de cette production provient de la Caroline du Nord. Certains agriculteurs ne cultivent que quelques hectares alors que d'autres exploitent plusieurs centaines d'hectares. En Caroline du Nord, quelque 1 500 fermiers cultivent la patate douce, mais environ 90 % de la production est assurée par 10 % des planteurs. Généralement, la patate douce est la culture principale de ces derniers qui ont davantage recours à la mécanisation que la plupart des petits cultivateurs.

Les opérations de production de patates douces sont intensives en main-d'œuvre. Lorsque le coût de la main-d'œuvre augmente et ou quand celle-ci se fait rare, les besoins en mécanisation augmentent. Les progrès en matière de mécanisation ont été obtenus principalement grâce à des efforts de recherche soutenus par des fonds publics et réalisés par des instituts subventionnés par le gouvernement. La mécanisation à la ferme repose souvent sur les résultats de la recherche. Une telle mise en œuvre complétée par d'autres innovations nombreuses a abouti à la mise au point d'un équipement et de méthode visant à économiser la main d'œuvre, dans presque toutes les phases de la production.

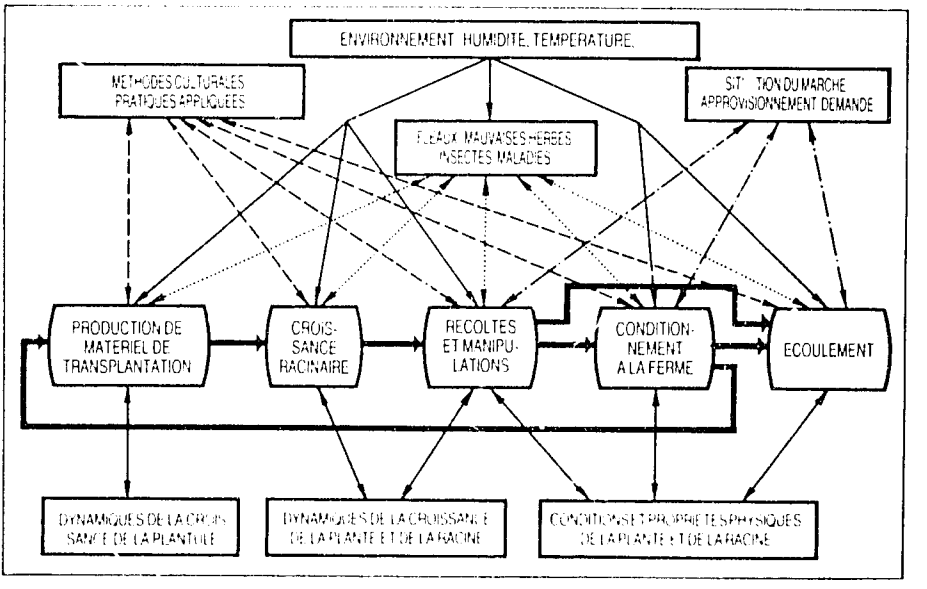


Figure 1. Schéma de simulation du système de production de la patate douce.

La mécanisation de la production de patates douces doit être envisagée de façon systématique en prêtant attention aux interactions entre les différents processsus et opérations qui comprennent la culture, la récolte et l'écoulement du produit.

Le système de production de la patate douce comprend cinq stades identifiables : production de la plante, croissance de la plante, récolte et manipulations, conditionnement à la ferme et écoulement. La figure 1 présente cet aspect de façon schématique et tente de montrer les multiples interdépendances. A chacun de ces stades des améliorations sont possibles et des progrès significatifs ont déjà été réalisés.

Les opérations décrites dans cette communication sont exposées de façon plus complète dans un bulletin de production de la patate douce de Caroline du Nord (Wilson *et al.*, 1980).

PRODUCTION DE REJETS

Les patates douces sont multipliées par voie végétative. Les pratiques de production commerciale de la patate douce incluent la production de rejets à partir de « racines mères ». Les plants de patate douce (racines de réserves) sont mis en plates-bandes au début du printemps pour la production de rejets. La prégermination des plants à 24-30°C et 90-95% d'humidité relative pendant deux à quatre semaines peut augmenter la production de rejets de façon significative.

La plate-bande de patates douces doit être installée sur un sol sablo-limoneux bien drainé, qui n'a pas porté de culture de patates douces depuis au moins trois ans (pour éviter les problèmes de maladies propagées par les plants). Ce sol doit être bien travaillé. Les plates-bandes doivent être surélevées car la plupart des variétés de patates douces sont susceptibles aux dégâts causés par les inondations. Généralement, les plants sont répartis uniquement à la surface du sol préalablement préparé, puis recouverts de terre d'une épaisseur uniforme de 5 cm environ.

La répartition des plants peut se faire manuellement en plaçant les racines une par une sur le sol. Habituellement, ils sont déversés avec précaution à partir de boîtes de 23 kg (1 gallon US). Ceci peut être fait à la main en portant la boîte jusqu'à la plate-bande. Le plus souvent, cependant, une remorque transportant plusieurs boîtes de plants se meut le long de la plate-bande, tandis que les ouvriers distribuent aux racines leur contenu, boîte par boîte. Des dispositifs de déversement mis au point dans ce but peuvent être montés à l'arrière de la remorque.

Des conteneurs pouvant recevoir environ 450 kg de racines de patates douces sont en voie de remplacer les boîtes unitaires d'un gallon pour le stockage et la manutention des plants. Le déversement de ces boîtes sur les plates-bandes se fait en utilisant des dispositifs de déversement mécaniques ou hydrauliques montés à l'arrière de la remorque. Le transport des conteneurs dans la remorque pour atteindre leur position de déversement est habituellement facilité par des transporteurs à rouleaux.

Un équipement lourd de répartition des plants de patate douce sur les plates-bandes (Edwards Manufacturing Co., Bunn, NC) a été mis au point pour répartir les plants à la surface des couches de manière continue et uniforme. La trémie a approximativement la forme d'une pyramide renversée et contient 5675 kg de plants. L'ouverture à la base de la trémie est de 30,5 cm × 76,2 cm. Le plant semence tombe par cette ouverture sur un transporteur hydraulique. Une répartition uniforme est obtenue en réglant la vitesse du transporteur et celle du tracteur. Les blessures infligées aux plants paraissent équivalents à celles observées en utilisant d'autres système de distribution. C'est le système le plus rapide et le moins exigeant en main d'œuvre actuellement utilisé.

On peut minimiser le pourrissement des plants de patate douce dans les plates-bandes en évitant de planter des racines atteintes de maladies. L'application directe de fongicides agréés aux plants enterrés contribue à réduire le développement potentiel des pourritures. Des pulvérisateurs à bas volume montés sur tracteur sont utilisés pour une opération.

Pour retenir les racines mères pendant les opérations d'extraction et de coupe des rejets, certains planteurs utilisent un filet en matière plastique. Ce filet est composé de filaments soudés ensemble par la chaleur tous les 5 cm approximativement. Le filet se présente sous forme d'un rouleau monté à l'arrière d'un tracteur. Au fur et à mesure que le tracteur avance sur la plate-bande, le filet est déroulé sur les racines-plants, avant qu'ils soient recouverts de terre. La largeur du filet dépasse de plusieurs cm celle de la plate-bande. Il est temporairement maintenu en place par des pelletées de terre disposées sur les bords latéraux.

La couverture des plants de patate douce répartis sur la plante-bande peut se réaliser grâce à plusieurs types d'équipement à barre de travail porté par attelage trois-points. De la terre bien ameublie peut être épandue sur la plate-bande en une seule opération. En général, le sol est creusé entre les plates-bandes dans ce but, ce qui crée des drains. La plupart des équipements de recouvrement des plates-bandes nécessitent une lame ou un rouleau pour aplanir la terre uniformément sur les plants. Une profondeur de sol uniforme est importante pour obtenir une production uniforme de rejets. Une plate-bande trop épaisse peut provoquer un manque d'O_2, une accumulation de CO_2 et, par la suite, le dépérissement et la pourriture.

La fertilisation des plates-bandes est importante pour obtenir une production maximum de rejets robustes et vigoureux. Généralement, environ 36 kg de 8-8-8 NPK ou une quantité équivalente de 1-1-1 sont recommandés par 100 m² de couche. L'engrais peut être appliqué après que les plants aient été recouverts de terre, en utilisant un épandeur d'engrais. Le sol devrait ensuite être légèrement ratissé pour incorporer l'engrais dans les 5 cm qui constituent sa couche superficielle. Une autre méthode consiste à incorporer l'engrais dans la couche superficielle de 2,5 cm de terre en l'appliquant à la volée avant de procéder à la confection des plates-bandes. Un engrais complémentaire peut être épandu à la volée plus tard en couverture (à raison de 10 kg de $NaNO_3$/100 m²) après chaque extraction de rejets.

La concurrence des adventices doit être évitée au maximum dans les plates-bandes de patates douces si l'on veut obtenir une production optimum de rejets. L'application d'herbicides agréés et recommandés (comme le diphénamide) est réalisée à l'aide de pulvérisateurs à bas volume, après le recouvrement des plants avec la terre.

Le plant de patate douce est vulnérable aux gelées ; c'est pourquoi on recouvre généralement la plate-bande d'un film plastique (1-2 mm d'épaisseur) pour protéger les plantations précoces. Le film plastique est fourni en rouleaux de différentes largeurs (il doit être environ un tiers plus large que la plate-bande) et déroulé sur le sol depuis l'arrière du tracteur, de la même façon que le filet. Des disques espacés fixés en bout et de chaque côté du film déroulé sont utilisés pour le maintenir en place en y déposant de la terre. La couverture de la plate-bande à l'aide de films plastiques sert aussi à contrôler l'humidité.

Si la plate-bande est recouverte de films plastiques, ce matériel devra être modérément aéré toutes les 24 à 48 heures en vue d'éviter l'excès de chaleur, la perte d'O_2 et l'accumulation de CO_2. Cela peut se faire en perforant le film plastique (environ un trou de 1 cm tous les 25 cm²) à l'aide de courtes pointes fixées sur un tambour tiré sur la plate-bande par le tracteur. Quand les rejets commencent à émerger du sol et ou quand les températures ambiantes journalières atteignent environ 20° C ou plus, le plastique recouvrant la plate-bande peut être enlevé.

TRANSPLANTATION ET PRODUCTION

La préparation du sol pour la production de la patate douce est similaire à celle des autres cultures en lignes. Les champs sont labourés et préparés à l'aide de l'équipement approprié dès que les conditions de sol le permettent. La largeur standard des lignes est de 107 cm et des billons de 20-30 cm de haut sont confectionnés.

Les modalités de fertilisation varient, mais une certaine quantité d'engrais est habituellement appliquée avant la plantation. Celle-ci est soit épandue à la volée et incorporée au sol, soit appliquée le long de la ligne, constituant alors une des opérations culturales préliminaires. Dans ce dernier cas, des fumigants nématicides liquides peuvent être appliqués en même temps ; la transplantation doit alors être retardée de deux semaines pour éviter tout accident. Quelle que soit la séquence des opérations, il est important de préparer et d'entretenir des plates-bandes suffisamment surélevées, de façon à réduire les risques d'inondation éventuelle suite à des périodes pluvieuses prolongées en fin de saison.

La transplantation des patates douces des plates-bandes aux champs (espacement de 20-30 cm dans la ligne) est réalisée à l'aide d'équipements similaires à ceux qui sont utilisées pour la plupart des autres cultures maraîchères transplantées. Les transplants commerciaux peuvent être extraits des plates-bandes mais ils doivent être coupés si les plates-bandes sont soupçonnées d'héberger des maladies. Les rejets utilisés pour la production de plants-semences doivent être sectionnés lors de l'arrachage pour éviter le transport éventuel de maladies, originaires du plant ou du sol, vers le champ. Le prélèvement des rejets à partir des plates-bandes reste une opération manuelle.

L'utilisation des herbicides pour lutter contre la concurrence des adventices dans les champs de patates douces est largement répandue. Des herbicides, comme le Vernolate par exemple, peuvent être appliqués avant la plantation, ou des herbicides de préémergence, tels que le diphénamide, le chloramben ou le DCPA peuvent être appliqués directement sur les plants à l'aide de pulvérisateurs à bas volume, dans le jour qui suit la transplantation.

RECHERCHE D'UNE MECANISATION DE LA RECOLTE ET DES MANIPULATIONS

O'Brien et Scheuerman (1969) décrivent l'approche à l'aide apportée à la récolte telle qu'elle est actuellement appliquée aux patates douces. Ils décrivent une machine consistant en un extracteur élévateur et un tapis roulant de triage passant entre des plates-bandes, sur laquelle se trouvent des ouvriers chargés de récupérer les racines sur le tapis roulant. La machine est précédée dans le champ par un engin enlevant tiges et feuillage et dégageant les lignes. Les ouvriers se trouvant sur la machine effectuent les mêmes opérations que s'ils étaient au sol : ils séparent les racines des débris de tiges et des feuilles, classent les racines d'après leurs dimensions et leur aspect, et les mettent dans des récipients qui peuvent être soit des caisses d'un gallon, soit des bacs de 450 kg.

Hammerle (1971) examine la possibilité d'un système pour la mécanisation complète de la récolte des patates douces. Il propose aussi une première tentative de récolte combinant toutes les opérations en une seule machine : extraction, séparation terre-racine-feuillage, calibrage, nettoyage et emballage.

Burkhardt *et al.* (1971) présentent la première approche d'une machine maniable et efficace combinant les opérations de récolte des patates douces. La machine qu'ils ont mis au point maté-

rialise la conception d'un transporteur surélevé de tiges, équipé aussi pour leur séparation d'avec les tubercules et l'élimination de la terre. Les racines sont déposées dans de grands bacs dans le champ, et les opérations de calibrage et de nettoyage complémentaire sont assurées par une installation centrale. L'idée initiale de cette approche de système de récolte a été creusée et a abouti à la mise au point d'une machine commerciale (Johnson Manufacturin C°, Pendleton, NC), utilisée d'une façon limitée dans le sud-est des USA.

Humphries et Abrams (1975) décrivent une machine permettant d'enlever les tiges feuillues et les grosses tiges des racines avant le déterrage, et proposent son utilisation tant avec des procédés de la récolte assistée qu'avec des machines récolteuses combinées.

Le calibrage mécanisé des patates douces en champ a fait l'objet de certaines études. Goodman et Hamann (1971) et Carr *et al.* (1970) décrivent la mise au point d'un calibreur pouvant être incorporé à une récolteuse. Ce calibreur est basé sur le principe d'une ouverture en expansion située entre des tapis roulants se mouvant dans le même sens pour créer le triage des tailles de racines, et d'un V formé de rubans actionnés par des axes de différentes dimensions pour orienter le pré-calibrage. Ce schéma a été en définitive utilisé pour la fabrication fixe à placer dans une installation centrale de calibrage comme celle décrite par Brantley *et al.* (1975).

Le ressuyage et la conservation des patates douces sont déterminants pour un système efficace de production. La capacité de stocker les racines permet une commercialisation méthodique du produit ainsi que sa disponibilité tout au long de l'année, dans un état de fraîcheur. Le ressuyage, associé à un stockage bien pensé, permet de garantir un produit de haute qualité. Kushman et Wright (1965 et 1968) décrivent la façon de contrôler l'environnement des installations de conservation par ventilation aérienne, ainsi qu'une méthode de ressuyage et de stockage efficaces de la récolte respectant les taux adéquats de température et d'humidité.

Les étapes de la récolte, de la manipulation et du conditionnement, qui ont lieu à la ferme et qui constituent le système de production, consomment la plus grande partie du capital humain et financier, sans compter la terre. Le succès enregistré par le producteur dépend dans une très large mesure de l'organisation efficace de ces opérations. De plus, leur nature fait qu'elles se prêtent aux innovations par la mécanisation.

Comme pour beaucoup d'autres cultures, la mécanisation de la récolte a progressé en suivant deux directions : la récolte assistée et les récolteuses combinées. La récolte assistée est faite à l'aide de machines qui, introduites dans le processus, permettent une amélioration des conditions de travail de la récolte traditionnelle mais qui ne modifient pas fondamentalement la séquence ou les types d'opérations devant être accomplies. Les machines qui permettent aux ouvriers de rouler dans le champ pendant l'arrachage, par opposition au ramassage manuel qui impose à l'ouvrier de marcher et de se courber, sont typiques de cette sorte de mécanisation. Les solutions de mécanisation du type combiné introduisent généralement certains changements fondamentaux, dans le processus, de même que dans les opérations à accomplir, et, généralement, réduisent considérablement l'effort direct de l'homme.

OPERATIONS COURANTES DE RECOLTE ET DE MANIPULATION

La mécanisation de la récolte de la patate douce et des opérations de manutention progresse. Aux Etats-Unis, la plupart des patates douces sont toujours récoltées manuellement. L'outillage de récolte renverse les billons de patates douces et expose les tubercules qui sont alors aisément ramassés et triés. L'efficacité de cette opération dépend du réglage adéquat de l'outillage et de sa vitesse soigneusement contrôlée. Certaines méthodes de récolte comportent l'enlèvement des

tiges par faucheuse rotative. D'autres encore pratiquent la coupe des tiges à l'aide de disques montés verticalement (méthode connue sous le nom de dégagement).

Les conteneurs pour patates douces vont de la contenance de 23 kg unitaire à 450 kg pour les grands bacs. Un planteur important de Caroline du Nord utilise plusieurs grosses bennes d'une contenance de 2200 kg. Les unités manuelles se composent de caisses en treillis métallique, de caisses en bois et de paniers. Ceux-ci sont portés manuellement depuis le champ jusqu'au transporteur et ou jusqu'au local de ressuyage et de conservation. Le transport de ces caisses est couramment exécuté à l'aide de palettes, ce qui signifie le transport et réduit les dégâts. Des seaux en plastique sont utilisés pour ramasser les patates douces et les amener jusqu'aux conteneurs.

Des corps butteurs déterrent les patates douces en leur causant un minimum de dommages superficiels, mais ils ne découvrent pas très bien les tubercules. Des modifications apportées à ces corps butteurs peuvent améliorer l'efficacité du travail tout en respectant l'épiderme des racines. Une amélioration très appréciée consiste à couper l'extrémité de la lame tournante et en y fixant une spirale rotative pour faciliter l'émiettement de la terre entourant les racines.

Des arracheuses de pomme de terre irlandaises sont populaires dans certains régions. Leur chaîne de transport à barreaux détachent efficacement le sol des racines dans des conditions d'humidité adéquates. Mais la terre sèche et légère passe facilement à travers la chaîne de transport et entre en contact avec les tubercules tendres, leur occasionnant des blessures superficielles.

De grands disques montés sur l'attelage à trois points d'un tracteur ont été largement adoptés ces dernières années. Les disques sont ajustés à un angle de 45° environ par rapport au billon et à 10° environ par rapport à la verticale. Les tiges sont sectionnées en même temps que les billons sont renversés. Ce système est efficace sur les sols légers, expose les racines sans les blesser, mais n'est pas adapté aux sols lourds.

La récolte assistée est faite par des machines qui, après fauchage et opérations de déblaiement, déterrent, soulèvent et transportent les patates douces vers une équipe de triage se trouvant à bord de la récolteuse. Généralement, les besoins en main d'œuvre sont similaires à ceux qu'exige la récolte manuelle, mais l'avantage réside dans le fait que toute la main d'œuvre est rassemblée et que le travail peut se faire en position debout ou assise au lieu de devoir avancer lentement en se courbant.

La terre qui accompagne les patates douces s'amoncelle peu à peu et est graduellement éliminée en passant au travers de la chaîne transporteuse. Des dispositifs à secousses placés sur la chaîne élévatrice permettent d'éliminer la terre. Pour une utilisation en sols légers et sableux, la chaîne est généralement continue pour le transport vers le haut et le triage. Sur des sols plus lourds, une partie de la chaîne élève les tubercules vers le triage où ils tombent de quelques centimètres sur une chaîne horizontale. Cette chute légère émiette la terre et dégage la racine. Les patates douces sont, le cas échéant, dégagées de la masse de tiges et de racines emmêlées, choisies ou triées d'après leur taille ou leur qualité (ou les deux) et distribuées dans des conteneurs pour être amenées à l'entrepôt. Certaines machines pour récolte assistée sont munies de dispositifs mécaniques (sous la forme de rouleaux à ressort) qui détachent toutes les patates douces restant attachées à leur système racinaire, après qu'elles soient passées devant la dernière personne de la chaîne. Ces racines son habituellement dirigées vers un casier de rebut.

Les systèmes de triage et de manutention dérivant de l'assistance à la récolte varient selon les planteurs et selon le type de machine utilisé. Les patates douces commercialisables peuvent être enlevées du transporteur et placées, selon leur catégorie, dans des conteneurs d'une capacité de 23 kg ou dans des bacs de 450 kg. Les rebuts ou autres tubercules peuvent être rejetés au sol ou

stockés dans un bac de 450 kg placé au bout du transporteur. Une autre façon de procéder consiste à enlever à la main les tiges, mottes de terre, déchets et rebuts du transporteur ce qui permet de collecter toutes les patates douces commercialisables dans des conteneurs placés au bout de chaîne. Des dispositifs de bennes basculantes et ou rotatives sont prévus dans certains cas de récolte assistée afin de minimiser les dégâts dus aux manipulations.

Des élévateurs à fourche sont utilisés au champ pour transporter les palettes de caisses ou de bacs vers les camions chargés de les amener à l'entrepôt. Ces élévateurs à fourches sont encore utilisés à l'entrepôt pour décharger les camions et pour placer les patates douces dans les endroits de ressuyage et de stockage, ou pour les y enlever. Des élévateurs à fourche à tête rotative sont également très répandus pour alimenter les chaînes d'emballage.

Les récolteuses combinées sont des machines qui déterrent, détachent et mettent les patates douces dans des caisses ou des bacs, mécaniquement. Les opérations préliminaires de coupe de la végétation et ou débaiement de celle-ci ne sont pas toujours nécessaires. Le réglage précis de tous les organes composant la machine est crucial pour éviter certains dégâts. Les récolteuses combinées coûtent cher et sont des engins sophistiqués [illegible] de bons opérateurs et un minimum de gaspillage de temps pour obtenir l'efficacité la [illegible] rrachage et l'enlèvement des patates douces sont similaires à ceux des engins d'assistance à la récolte.

Les récolteuses combinées tractées exigent la présence d'un conducteur de tracteur et d'un operateur. Le conducteur de tracteur surveille le bon fonctionnement, c'est-à-dire la vitesse d'avancement, la profondeur de la lame d'extraction et la vitesse de la chaîne élévatrice. La combinée est munie de moteurs hydrauliques pour actionner la chaîne, et de cylindres hydrauliques pour la conduite du bac. Ce système hydraulique est actionné par une pompe branchée sur une prise de force. Une double chaîne est utilisée. La chaîne supérieure transporte les plants intacts dont les tubercules restent attachés et suspendus en dessous. La chaîne inférieure est analogue à celle utilisée par les engins d'assistance à la récolte. Les patates douces qui se détachent lors de leur transport en hauteur sont récupérées dans leur chute et poursuivent leur ascension. Au sommet du transporteur supérieur se trouve une paire de mâchoires à ressort qui séparent les patates douces des tiges, au cas où elles seraient toujours attachées.

Les patates douces sont acheminées vers un transporteur réversible réglable transversalement qui les dépose dans un bac de 450 kg. Les bacs placés des deux côtés de la combinée peuvent être avancés ou reculés pour atteindre la meilleure position de remplissage. En position de remplissage, un bac peut être incliné de façon à réduire l'écart de distance entre l'extrémité du transporteur latéral et le fond du bac. Le bac est progressivement ramené à une position horizontale au fur et à mesure qu'il se remplit. Le transporteur latéral est d'abord amené dans le bac incliné et il est actionné d'avant en arrière de façon à remplir le bac de façon uniforme. Le feuillage est transporté sur la chaîne transporteuse supérieure vers l'arrière de la combinée d'où il est renvoyé au sol.

Des combinées auto-motrices pour patate douce ont été construites pour être utilisées de façon précise. Elles arrachent une ou deux lignes simultanément et peuvent séparer les petites racines destinées à la conserverie des autres patates douces commercialisables. Le remplissage automatique des caisses est analogue à celui qui a été décrit pour les combinées à remorque. Un modèle utilise entre 12 et 24 bacs de 450 kg, alors qu'un autre utilise des bacs de 2200 kg. La présence de deux opérateurs est nécessaire sur ces machines sophistiquées.

Des combinées irlandaises pour pomme de terre ont été utilisées pour récolter des patates douces destinées au conditionnement. Des modifications apportées à ces combinées les ont rendues capables d'arracher des patates douces pour le marché primeur. Généralement, les patates

douces sont récoltées dans les caisses de 23 kg en raison des problèmes de logistique et de manutention des bacs dans le champ. Les dégâts infligés aux patates douces sont estimés ne pas être plus importants que ceux enregistrés par les systèmes de récolte manuelle.

RESSUYAGE

L'environnement idéal pour ressuyer les patates douces implique une température de 30° C avec une humidité relative de 90 à 95 % et une aération adéquate. Le ressuyage favorise la cicatrisation rapide des coupures, meurtrissures et des parties écorchées, diminuant de ce fait le risque de pourriture. Le ressuyage diminue le ratatinement et la perte de poids et améliore la qualité culinaire de la patate douce en convertissant les amidons en sucres. Les patates douces doivent être mises à ressuyer dans les deux heures qui suivent la récolte.

Des installations modernes, étanches sont construites pour assurer des conditions optimum de ressuyage uniforme dans chaque local. Le chauffage et l'humidification sont assurés par des fourneaux et des humidificateurs. L'air chaud et humide est distribué par des canalisations situés dans le plancher.

STOCKAGE

Les conditions idéales de stockage des patates douces consistent à maintenir une température de 13° C, une humidité relative de 85-90 % et une aération judicieuse. Les constructions de stockage moderne sont conçues pour maintenir ces conditions pendant plusieurs mois par une isolation appropriée, un chauffage et une ventilation adéquates.

TRIAGE ET EMBALLAGE

Des élévateurs à fourches à tête rotative sont utilisés pour renverser les bacs et déverser doucement les patates douces dans des installations de traitement à l'eau dans lesquelles il est recommandé de pratiquer la javellisation. Les dimensions des citernes sont variables, mais dans la plupart des cas, l'eau a une profondeur de 60-90 cm. Le mouvement longitudinal des patates douces dans l'eau est favorisé par de nombreux jets d'eau (à partir de canalisations de 5 cm percées de trous de 1 cm localisées sous la surface de l'eau dans la piscine). Les patates douces sont retirées de la citerne soit par des élévateurs à ailes soit par un système de roue à godets (Edwards Manufacturing Co. Bunn, NC). Un enlèvement plus rapide exige l'installation d'élévateurs et de roues à godets additionnelles.

Les patates douces sont traitées par pulvérisation, trempage ou mouillage avec un fongicide recommandé 2,6-dichloro-4-nitroaniline, pour prévenir notamment toute pourriture interne. Des ouvriers postés de chaque côté de la chaîne de triage éliminent les patates douces qui ne correspondent pas aux normes standard. Les patates douces de qualité primeur sont ensuite réparties mécaniquement d'après leur taille, et emballées pour le transport vers le marché. La plupart des expéditeurs utilisent des cartons en panneaux de fibres agglomérées, d'une contenance de 18 à 23 kg.

RECHERCHES ACTUELLES EN MATIERE DE RECOLTE MECANIQUE ET DE MANUTENTION

La simulation du système de récolte et de manutention donne des informations utiles pour la recherche et pour sa phase ultime d'application. Un modèle de simulation de récolte et d'opérations de manutention a été développé (Abrams *et al.* 1980) : il est actuellement utilisé pour l'étude de solutions nouvelles.

Une des solutions étudiées consiste à récolter, dans le champ, les racines en vrac sans triage ni calibrage, et à les transporter à une installation centrale où elles sont nettoyées, triées et mises à ressuyer (Abrams *et al.* 1978). A cet effet, une récolteuse expérimentale mettant en pratique la conception décrite par Burkardt *et al.* (1971) a été conçue et fabriquée (Figure 2). Elle se caractérise par l'adjonction d'un transporteur distributeur latéral articulé qui permet d'acheminer les racines vers n'importe quel conteneur ou récipient de transport placé parallèlement à la récolteuse. Elle est donc généralement analogue aux récolteuses traditionnelles de pommes de terre irlandaises.

Différents types de transporteurs de racines en vrac ont été étudiés. La trémie irlandaise pour pomme de terre, à fond en V, s'est révélée difficile à décharger à cause de l'entrelacement et de l'imbrication des patates douces. Un réservoir à grain modifié et à flux gravitaire, (environ 2300 kg) s'est, par contre, avéré intéressant. Toutefois, les modifications nécessaires, entre autres l'accentuation de la pente du plancher, étaient trop importantes pour donner suite. En se basant sur les études relatives à ces deux types de transporteurs, une trémie à écoulement basal de dimensions analogues a été conçue. Ce transporteur se comporte de façon satisfaisante. Toutefois, pour essayer de trouver un moyen plus simple de manipuler les racines, un réservoir à tiroir de déversement a été étudié. Le niveau des dégâts infligés aux racines n'était pas significativement différent de ceux observés chez les autres engins testés. Il est important, néanmoins, de noter que les niveaux de dégâts observés dans tous ces tests n'étaient acceptables que si les tubercules étaient mis immédiatement à ressuyer.

Figure 2. La récolteuse combinée de patates douces les arrache, les sépare des tiges et les dépose dans un conteneur.

Le point crucial de tout le processus est le ressuyage. Le ressuyage est une étape importante, que les racines soient récoltées mécaniquement ou non. Dans le cas de la récolte mécanique, la probabilité d'infliger des blessures aux racines augmente (Figure 3) : le ressuyage permet leur bonne cicatrisation. Cependant, il n'est pas commode de procéder au ressuyage de la totalité de la récolte avec la méthode actuelle. Nous avons étudié d'autres méthodes améliorées de ressuyage et de stockage. le ressuyage et l'emmagasinage en tas volumineux et d'un seul bloc, sans utilisation de conteneurs offre un avantage en termes d'économie de place. Avec cette méthode, la hauteur d'empilement est un paramètre important qu'il faut prendre en considération. La hauteur

admissible a été estimée à environ 3,6 m (Abrams 1979). Les caractéristiques du flux d'air traversant de gros empilements ont aussi été étudiées et on s'est aperçu que les patates douces se comportaient à cet égard d'une façon similaire à celle des pommes de terre irlandaises (Abrams et Fish 1978). Les travaux menés sur le « fluming » (Trylowski et Abrams 1979) ont souligné l'avantage possible que présenterait l'automatisation accrue de la manipulation des patates douces entre le ressuyage et le stockage. Les problèmes qui restent à élucider comprennent le contrôle des maladies, le contrôle des conditions de milieu, la constitution des tas et la façon de retirer les racines de ces tas.

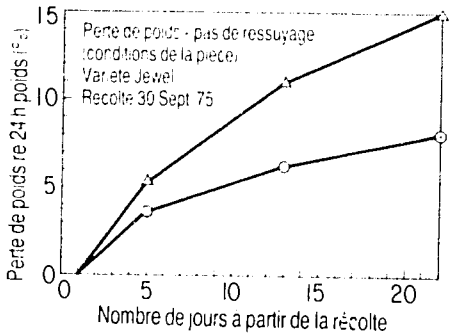


Figure 3. Comparaison des pertes de poids entre des lots de patates douces (variété Jewel) non ressuyées, récoltées traditionnellement à la main et récoltées mécaniquement en vrac.

BIBLIOGRAPHIE

ABRAMS, C. F., Jr. 1979. Tolerance of sweet potatoes to piling at various depths. ASAE Paper No. 79-3084, presented at the 1979 Summer Meeting of ASAE and CSAE, Winnipeg, Canada.

ABRAMS, C. F., Jr. and J. D. FISH, Jr 1978. Resistance of sweet potatoes to air flow. ASAE Paper No. 78-4523 presented at the 1978 Winter Meeting of ASAE, Chicago, Ill.

ABRAMS, C. F., Jr., E. G. HUMPRHIES, D. D. HAMANN, and L. G. WILSON. 1975. Bulk harvest and handling of fresh market sweet potatoes. Transactions of ASAE, 21 (1): 15-19.

BRANTLEY, S. A., Dr., D. D. HAMANN, and J. K. WHITFIELD. 1975. A multiple belt, adjustable vee size grader for sweet potatoes and cucumbers.

BURKHARDT, G. J., W. L. HARRIS, L. E. SCOTT, and E. G. MCKRIBBEN. 1971. Mechanical harvesting and handling of sweet potatoes. Transactions of ASAE 14 (3): 516-519.

CARR, L. E., E. S. BELL and M. E. AUSTIN. 1970. A field machine to dig, size and handle sweet potatoes. Unpublished paper presented at the Annual Southeast Region Meeting of the ASAE, Memphis, TN.

GOODMAN, H. C. and D. D. HAMANN. 1971. A machine to field size sweet potatoes. Transactions of ASAE, 14 (1): 3-6.

HAMMERLE, J. R. 1970. The design of sweet potato machinery. Transactions of ASAE, 13 (2): 281-285.

HUMPHRIES, E. G. and C. F. ABRAMS, Jr. 1975. Mechanical vine-root separation of sweet potatoes. Transactions of ASAE, 18 (6): 1043-1046, 1050.

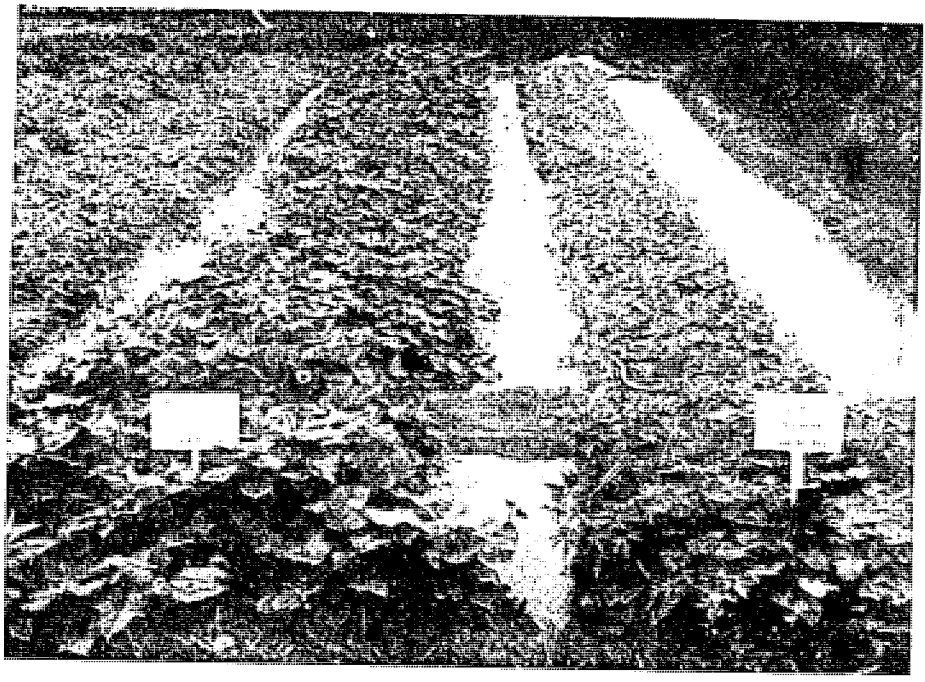
KUSHMAN, L. J. and F. S. WRIGHT. 1968. A new system for storing sweet potatoes. N. C. Agric. Expt. Station Tech. Bull. No. 187, N. C. State University, Raleigh, NC.

KUSHMAN, L. J. and F. S. WRIGHT. 1965. Overhead ventilation of sweet potato storage rooms, N. C. Agric. Expt. Station Tech. Bull. No. 166, N. C. State University, Raleigh, NC.

O'BRIEN, M. adn R. W. SCHEUEMAN. 1969. Mechanical harvesting, handling and storing of sweet potatoes (SIC). Transactions of ASAE, 12(2) : 261-263, 269.

TRYLOWSKI, T. and C. F. ABRAMS, Jr. 1979. Hydrohandling of sweet potatoes in flumes. Transactions of ASAE, 22(5) : 1171-1174.

WILSON, L. G., C. W. AVERRE, J. V. BAIRD, E. A. ESTES, K. A. SORENSEN, E. O. BEASLEY and W. A. SKROCH. 1980. Growing and marketing quality sweet potatoes. N. C. Agric. Exten. Svce. AG-09, N. C. State University, Raleigh, NC. 50 pp.



Criblages tolérant à l'inondation au stade des boutures (AVRDC).

LES SYSTEMES CULTURAUX INCLUANT LA PATATE DOUCE A TAIWAN

H. WAN
Institut de Recherche Agronomique de Taïwan, 189 Chung-Cheng Rd, Wufeng, Taichung, Taïwan.

INTRODUCTION

A Taïwan, la patate douce est la culture de fourrage la plus importante, puisqu'elle représente, juste après le riz, la deuxième surface de production. Sur une période de 25 ans commençant en 1948 (PDAF 1980), les superficies cultivées annuellement étaient d'environ 230 000 hectares. Pour la même période, la production a varié, selon l'année, de 2,0 à 3,7 millions de tonnes. Depuis 1971, toutefois, la surface plantée en patates douces décline. La superficie la plus basse fut enregistrée en 1979 (74 336 ha) avec une production de 1,22 million de tonnes (PDAF 1980). Le déclin de la production de patates douces découle de l'usage accru du maïs pour l'alimentation animale et du développement des ressources hydrauliques qui a favorise la riziculture Cette tendance se poursuit, mais à un rythme plus lent. La répartition des superficies cultivées sur l'île est de 48,8 %, 23,5 %, 18,5 % et 9,2 %, respectivement dans les régions du sud, du centre, du nord et de l'est. Il est évident que la patate douce est une culture essentielle dans le sud où les possibilités d'irrigation sont limitées.

Taïwan, situé en partie dans la région tropicale et en partie dans la région subtropicale, se caractérise par une pluviométrie abondante et une radiation solaire intense, ce qui explique la multiplicité des systèmes de culture généralement pratiqués. De nombreux schémas culturaux ont été cités par Ho et Young (1966). La patate douce peut être cultivée toute l'année, dans le cadre de systèmes de culture multiples. Il y a quatre saisons de culture, l'automne (d'août à septembre), le printemps (de février à mars), l'été (juin et juillet) et l'hiver (de septembre à octobre). La saison de culture ne constituant pas un facteur limitant pour la culture de la patate douce, la place qu'elle occupe dans les systèmes de culture peut devenir très compliquée. La patate douce peut constituer une plante importante dans une rotation, ou une culture mineure dans un schéma de cultures intercalaires. Toutefois, depuis quelques années, les systèmes de cultures multiples sont devenus moins diversifiés suite au manque de main d'œuvre et à l'augmentation des coûts de production (Wan 1971)

Cette communication présente quelques importants systèmes culturaux dans lesquels intervient la patate douce, dans des schémas de rotations ou de cultures intercalaires, à Taïwan.

SYSTEMES CULTURAUX DANS LES RIZIERES

La patate douce est cultivée dans les rizières (55,3 % de la production), aussi bien que sur les plateaux (44,7 %). En termes de superficie, les cultures de printemps et d'été sont principalement faites sur les plateaux avec peu d'irrigation, alors que les cultures d'automne et d'hiver sont réalisées sur les champ à paddy irrigués. Cinq systèmes de culture principaux sur rizières sont examinés ci-après.

Riz — riz — patate douce

Dans ce schéma cultural, la patate douce est cultivée comme plante intercalaire-relais, dont la période de croissance requiert de 5 à 6 mois. La culture de riz précédant la patate douce est repiquée aux écartements de 25 cm × 25 cm avec un espace de 50 cm laissé entre les blocs de quatre lignes de riz. Un petit billon, de 6-10 cm de haut et 10-15 cm de large, est ensuite confectionné dans chacun de ces espaces de 50 cm après le dernier désherbage et après que la rizière ait été drainée. Les patates douces sont plantées sur le billon 5 à 6 semaines avant la récolte de la seconde culture du riz. La patate douce est récoltée après environ 1-1 ½ mois. La densité de plantation est d'environ 50 000 boutures/ha. Les engrais, 40-80 kg de N, 54 kg de P et 70 kg de K à l'hectare, sont appliqués immédiatement après la récolte du riz sur les deux côtés des lignes de patate douce. Un buttage s'ensuit (FFTC 1974).

Au début de la croissance de la patate douce, il faut prendre soin de ne pas inonder le champ. Au stade maturation du riz, les plants de riz contigus à la patate douce doivent être légèrement écartés pour permettre à celle-ci de recevoir de l'ensoleillement. La patate douce peut être récoltée en février et le champ est alors prêt pour le repiquage de la première culture de riz (Figure 1 A).

Riz — patate douce — riz

La patate douce peut également être cultivée comme culture d'été, entre deux cultures de riz. Elle est intercalée comme relais avec la première culture de riz pendant une période d'environ 40-50 jours. La période de culture totale, culture intercalaire comprise, est inférieure à trois mois. Dans ce schéma cultural, la patate douce n'est pas uniquement cultivée pour ses racines, mais aussi pour son feuillage, aliment vert pour le bétail. Le DAIS de Tainchung (1965) rapporte que 13 000 kg de racines et 30 000 kg de feuillage peuvent être récoltés à l'hectare, et Lin *et al.* (1968) rapportent aussi que la réduction de production de la première culture de riz était seulement de 2,8 % et qu'aucun effet notable n'était observé sur la seconde. Ce schéma est largement utilisé au centre de Taiwan (Figure 1 B).

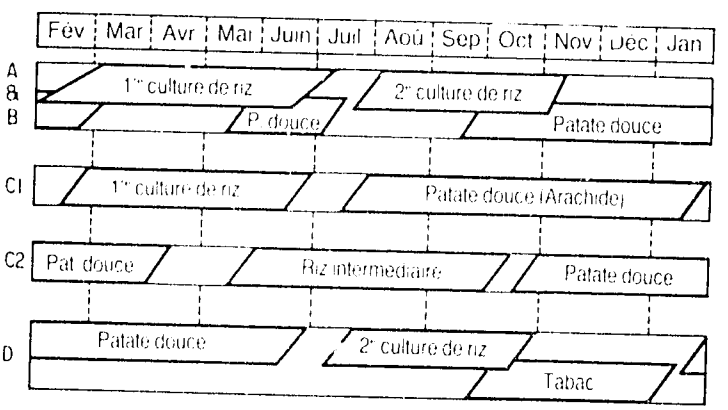


Figure 1. Rotations culturales en rizière

Riz — patate douce

Cette rotation est plus courante dans le sud. Le riz constitue soit la première culture (Figure 1, C_1), soit une culture intermédiaire (Figure 1, C_2). La première culture de riz est mise en place à la mi-février et récoltée en juin. La patate douce est ensuite plantée, en juillet, et récoltée en janvier de l'années suivante (Fig. 1, C_2).

Patate douce — riz — tabac

La patate douce peut prendre la place de la première culture de riz dans les régions où l'eau d'irrigation n'est pas disponible en quantités suffisantes pour pouvoir cultiver deux récoltes successives de riz. Dans ce schéma, la patate douce est plantée en janvier et récoltée à la fin juin. La seconde culture de riz est alors repiquée et sera récoltée à la fin octobre ou en début novembre. Avant la récolte du riz, une culture de tabac d'hiver est intercalée en relais. La plantation intercalaire de relais de tabac dans le paddy est particulièrement intéressante. La méthode a été décrite en détail (FFTC 1974)

Deux semaines avant la récolte du riz, le fermier utilise une tige de bambou pour écarter les plants de riz de façon à dégager une ligne de plantation suffisante pour les plants de tabac. Toutes les lignes de riz ne sont pas traitées de cette façon. Trois lignes sont laissées telles quelles, ensuite la quatrième et la cinquième sont divisées, de la façon qui vient d'être décrite, pour la plantation du tabac. Ce dispositif est répété dans le champ tout entier. Aux endroits où le tabac est planté, 50 % du compost nécessaire et 20 % du total des engrais chimiques doivent être appliqués uniformément avant la plantation. Les engrais et le compost qui restent sont appliqués le long de la ligne après la récolte du riz. Le sol est ensuite ameubli à l'aide d'une petite herse et les engrais sont mélangés au sol au cours de cette opération. A des intervalles de 50 cm entre les deux lignes de riz écartées, de petites buttes sont confectionnées pour recevoir les plantules de tabac. La construction de ces buttes forme des cuvettes peu profondes qui facilitent le drainage.

Immédiatement après la récolte du riz, le reste des engrais et du compost est épandu le long de la ligne, et un billon de 3-6 cm de haut est alors confectionné à l'aide d'un tracteur de jardin. Le billonnage final est réalisé deux semaines plus tard. La première récolte de tabac commence 70 jours après la plantation et se poursuit jusqu'en janvier.

Riz — canne à sucre — patate douce

Dans la région de Chiayi-Tainan, l'approvisionnement en eau pour l'irrigation ne suffit pas pour cultiver du riz dans toute la région. De ce fait, un système d'irrigation par tours successifs est appliqué, selon lequel toute la région est subdivisée en trois zones irriguées pour lesquelles les doses et les fréquences d'irrigation sont étroitement surveillées par un comité spécial dans le cadre d'une rotation trisannuelle. Ce plan permet aux fermiers de chaque zone de réaliser deux cultures de riz en trois ans. Les autres années, les plantes en rotation qui sont cultivées avec une quantité d'eau moins importante, sont la canne à sucre et la patate douce.

Comme le montre la Figure 2, la succession culturale de chaque zone pendant la période trisannuelle est essentiellement la même, riz — canne à sucre — culture de rente — riz — patate douce.

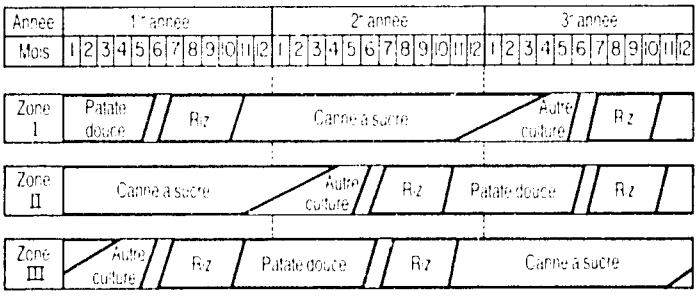


Figure 2. Systèmes de culture par rotation trisannuelle dans la région de Chiayi-Tainan

Toutefois, elle diffère du fait que la succession culturale dans chaque zone est décalée d'un an par rapport aux autres zones. Par exemple, les plantes successives cultivées la première année en Zone I, la troisième année en Zone II et la seconde année en Zone III sont exactement les mêmes. Ce système d'irrigation alternée a permis une économie en eau, une utilisation intensive du sol et une augmentation de la production.

SYSTEME CULTURAUX DES PLATEAUX

Les systèmes de culture pratiques sur les plateaux sont encore plus compliqués. Dans la plupart des cas, la patate douce est la culture principale alors que l'arachide, le soja et d'autres légumes sont ses partenaires dans les rotations. De plus, différents systèmes de cultures intercalaires sont également pratiqués. Bien que la patate douce soit habituellement la culture principale, elle est occasionnellement secondaire. Plusieurs modes de culture sont décrits ci-dessous.

Schéma cultural à deux plantes

Patate douce — arachide : la patate douce est la culture principale et est plantée en juillet et récoltée en janvier. L'arachide est ensuite plantée en février et récoltée en juin.

Schéma cultural à trois plantes

Patate douce — arachide (soja) — légumes : le schéma cultural à trois plantes est analogue au schéma à deux plantes, excepté qu'un légume précoce supplémentaire est cultivé l'hiver, généralement de décembre à février (Figure 3). Les légumes cultivés peuvent être le chou de Chine, le chou, le radis ou autres.

L'arachide peut constituer une culture de printemps ou d'automne. Ainsi dans le schéma à trois plantes, la patate douce peut être plantée au printemps et l'arachide en automne, ou vice versa. Si la patate douce est choisie comme plante de printemps, l'arachide est la plante principale. Autrement la patate douce est considérée comme la culture principale. Dans certains cas, le soja peut remplacer l'arachide.

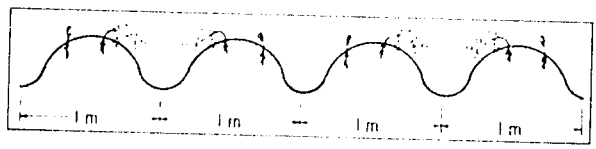


Figure 3. Diagramme schématique montrant la façon de planter soja et patate douce en culture intercalaire

Sorgho (arachide) — soja — patate douce : quoique les superficies cultivées en sorgho à Taiwan ne soient pas très étendues, il constitue cependant une importance culture de rotation d'été dans la région de Tainan. Il est semé en fin février ou début mars et se récolte 120 jours plus tard. Le soja est alors semé et récolté dans les 90 jours. Début octobre, une culture de patate douce lui succède. Ce schéma diffère de celui des régions rizicoles en ce sens que la culture intercalaire n'y est pas pratiquée.

Dans la partie orientale de l'île de Taiwan, la saison culturale est plus courte et la température plus basse au printemps que dans le sud. Dans ces conditions, l'arachide est souvent plantée à la place du sorgho, et la patate douce d'hiver doit alors être intercalée 20-30 jours avant la récolte de la culture de soja précédente, de façon à allonger sa période de croissance. Ce schéma cultural

amélioré permet une augmentation de profit pouvant atteindre 69,2 % comparé au schéma arachide — patate douce (Chung et Su 1967).

Schéma cultural en intercalaire

Patate douce et canne à sucre en intercalaire : le rythme de croissance lent de la canne à sucre en début de végétation permet aux agriculteurs de planter en intercalaire une culture additionnelle de patate douce entre les lignes, sans nuire de façon trop prononcée à la canne à sucre. La préparation du sol est principalement faite au bénéfice de la canne à sucre, avec un écartement des lignes de 1,25 m. Traditionnellement, les plantules de canne à sucre sont plantées dans le sillon, la patate douce étant plantée sur le billon.

Avant la plantation de la patate douce, tous les engrais sont appliqués en couverture. Les boutures sont plantées tous les 30 cm sur la ligne ce qui correspond à une densité d'environ 30 000 plants/ha. La ligne de patates douces n'est pas travaillée ni buttée, de façon à éviter tout effet néfaste sur la canne à sucre. Immédiatement après la récolte de la patate douce, 150-180 jours après la plantation, la canne à sucre est buttée.

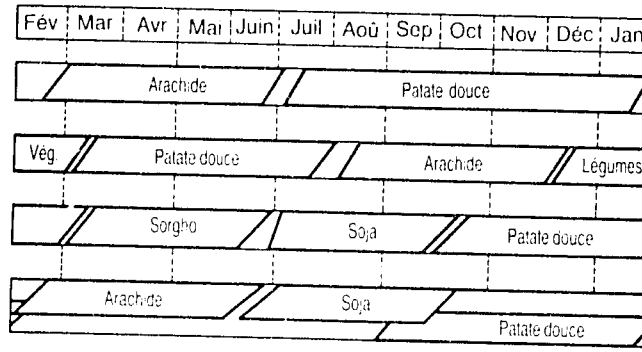
Grâce à ce système de culture, une récolte de patates douces additionnelle permet d'augmenter le profit par hectare. Toutefois, l'effet de la culture intercalaire de patate douce sur le rendement de la canne à sucre varie de 7,0 % à 17,6 %, en fonction de la saison de plantation et des variétés de patate douce utilisées (Tang 1960). Il est préférable d'utiliser des variétés précoces à végétation aérienne courte, comme Tainung 57, car elles ont un potentiel productif plus élevé et gênent peu la canne à sucre (Tableau 1). Le rendement de la patate douce cultivée dans ces conditions est toujours inférieur à celui d'une culture normale, qui reçoit évidemment plus de soins qu'une culture intercalaire. Une plantation tardive a un effet sur les rendements à la fois de la canne à sucre et de la patate douce (Tableau 1). L'effet résiduel des engrais appliqués à la patate douce est un autre avantage que présente la culture intercalaire.

Tableau 1. Rendements de la canne à sucre et de la patate douce dans des systèmes culturaux utilisant la culture pure et la culture intercalaire (Tang)

Date de plantation	Système de culture	Patate douce		Canne à sucre	
		Tige t/ha	Racine t/ha	Rendement t/ha	Indice
Août	Canne à sucre en culture pure	—	—	96,0	100
	Tainung 53 en intercalaire	14,2	20,5	83,1	86,6
	Tainung 57 en intercalaire	13,6	18,6	89,2	93,0
	Red Flesh en intercalaire	24,2	11,5	79,1	82,4
Octobre	Canne à sucre en culture pure	—	—	70,6	100
	Tainung 53 en intercalaire	9,5	12,2	61,5	87,1
	Red Flesh en intercalaire	10,4	21,0	58,6	83,1

Patate douce et soja en culture intercalaire : dans ce schéma de culture intercalaire, la patate douce est la culture principale. Le soja intercalé est récolté dans les trois mois après le semis. Le feuillage de la patate douce à ce stade n'a pas encore recouvert la totalité du champ. En général, la patate douce et le soja sont plantés en même temps.

Le terrain est préparé pour la patate douce en billons écartés d'1 m. Après épandage des engrais en couverture, la plantation s'effectue de façon à ce qu'il y ait une ligne de soja et une ligne de patate douce sur les côtés de chaque billon. Cependant, leur position relative est inversée d'un billon à l'autre de façon à obtenir un schéma de plantation présentant deux lignes de soja alternant avec deux lignes de patate douce (Figure 4).



Avant le semis du soja, les engrais de base sont appliqués dans des sillons peu profonds qui sont ensuite recouverts de terre. Le soja est semé en poquets espacés de 15-20 cm sur la ligne, à raison de deux à trois graines par poquet.

Le binage-désherbage, le billonnage et l'application en couverture des engrais restants sont réalisés, pour la patate douce, sur un côté seulement de chaque ligne et le feuillage de celle-ci est guidé vers le sillon commun de façon à éviter qu'il n'ombrage les plants de soja. La patate douce peut se cultiver toute l'année, alors que le soja est plutôt susceptible à la température et à la longueur du jour. C'est pourquoi, la variété de soja et l'époque de semis appropriés doivent être soigneusement choisis. Dans le sud de Taiwan, il est conseillé, en ce qui concerne la culture de soja d'hiver, de ne pas semer plus tard qu'octobre.

Quand la patate douce est cultivée en intercalaire avec le soja, son rendement chute de 13-24 %, comparé avec celui obtenu en monoculture de patate douce (dépendant du type de plant de soja), quand les deux plants sont semées en même temps. Les pertes de rendement atteignent 17-19 % si le soja est semé dix jours plus tard (Kaohsiung DAIS 1961). Cependant, les fermiers plantent généralement la patate douce et le soja en même temps, ce qui diminue la perte de rendement de la patate douce et fait gagner du temps. Le rendement du soja à l'hectare également est, dans ce système, bas à cause du grand espacement des lignes nécessité par la patate douce (Tableau 2). Bien que ce système de culture intercalaire affecte le rendement de la patate douce, la valeur totale des cultures par hectare est quand même plus élevée (Kaohsiung DAIS 1961).

Tableau 2. Rendements de la patate douce et du soja en monoculture et en systèmes intercalaires (Kaohsiung DAIS 1961)

Système cultural	Patate douce		Soja t/ha
	Rdt t/ha	Indice	
Culture pure			
Tainung 53 plante le 30 sept	31.5	100	–
Soja plante en intercalaire le 30 sept			
Palmetto	24.1	76.4	1.0
Shih-shih	27.5	87.2	0.6
Soja plante en intercalaire le 10 octobre			
Palmetto	25.5	81.0	0.6
Shih-shih	26.2	63.3	0.5

Culture intercalaire patate douce et maïs : le système de cultures alternées de patate douce et de maïs diffère du schéma patate douce-soja seulement par le fait que le maïs est intercalé 30 jours après la plantation de la patate douce quand le binage, le billonnage et l'application des engrais en couverture pour la patate douce ont été effectués. Ceci s'explique par le fait que le maïs ombrage la patate douce beaucoup plus que ne le fait le soja.

Chang *et al.* (1963) ont rapporté que le rendement de la patate douce était sérieusement affecté quand le maïs était intercalé 30 jours après la plantation de la patate douce. On a observé une réduction de rendement de 20-30 %, en fonction de la sensibilité à l'ombrage des différentes variétés de patate douce. La réduction de rendement pourrait atteindre 60 % si le maïs et la patate douce étaient interplantés en même temps (Tableau 3). Le rendement du maïs lui-même chute aussi, comparé à celui obtenu en culture pure (Tableau 3).

Tableau 3. Rendements de la patate douce et du maïs obtenus en culture pure et en cultures associées (Chang *et al.* 1963)

Système cultural	Patate douce		Maïs	
	Rdt t/ha	Indice	Rdt t/ha	Indice
Tainung 57				
culture pure 8 sept	49.8	100	7.4	100
Maïs en intercalaire				
8 sept	19.8	39.7	6.7	90.0
9 oct	35.0	70.3	6.2	84.2
Red Flesh				
culture pure 8 sept	35.8	100	7.4	100
Maïs en intercalaire				
8 sept	19.1	53.2	6.6	89.6
9 oct	28.8	80.3	5.2	70.8

BIBLIOGRAPHIE

CHANG, H. C., Y. K. YEN and J. K. CHOW. 1964. Experiments on sweet potatoand corn interplanting. Taiwan Agric. Res. Inst. Upland Crops Res. Abst. 5 : 196-197.

CHANG, F. K. and C. J. SU. 1967. Improvement of cropping systems on upland in Hualien. Taiwan Agric. Res. Inst. Upland Crops Res. Abst. 8 : 274-263.

FOOD AND FERTILIZER TECHNOLOGY CENTER (FFTC). 1974. Multiple cropping system in Taiwan. ASPAC, Taipei, Taiwan. 78 pp.

HO, K. L. and C. W. YOUNG. 1966. Taiwan's crop rotation systems and its future prospects. Taiwan Agric. Quaterly 2 : 8-17.

KAONSIUNG DAIS. 1961. Experiment on sweet potato and soybean intercropping. Taiwan Agric. Res. Inst. Upland Crops Res. Abst. 2 : 99-101.

LIN, H. S., W. C. HUNG, A. N. LU and H. S. WU. 1968. Effects of relay-interplanting sweet potato with 1st rice crop on the yield of 1st and 2nd rice crops. Taiwan Agric. Res. Inst. Upland Crops Res. Abst. 9 : 51-52.

PROVINCIAL DEPARTEMENT OF AGRICULTURE AND FOERESTRY (PDAF). 1980. Agricultural Yearbook. 1958-1979. Nantou, Taiwan.

TAICHUNG DAIS. 1965. Study on the intercropping of sweet potato between Ist and 2nd crops of rice. Taiwan Agric. Res. Inst. Upland Crops Res. Abst. 6 : 41-44.

TANG, C. K. 1960. A study on intercropping sweet potato with sugarcane. *In* Report Hsin Ying Sugarcane Improvement Station, Taiwan Sugar Corporation, Taiwan. p. 29-37.

WAN, H. 1971. Research to guide diversification. *In* A. H. MOSEMAN (ed). 1971. Nat. Agric. Res. Systems in Asia. ADC, New York, N.Y.

LE COMPORTEMENT DES VARIETES DE PATATE DOUCE CULTIVEES SOUS COCOTIERS

D. L. ZARA, S. E. CUEVAS et J. T. CARLOS, JR
Departement d'Horticulture, Université des Philippines à Los Banos, College, Laguna, Philippines.

INTRODUCTION

Le cocotier est une des cultures pérennes les plus importantes des régions humides d'Asie tropicale. Aux Philippines, 3,42 millions d'hectares, soit 25 % du total des surfaces cultivées sont consacres au cocotier (Coconut Statistics 1980). Près d'un tiers de la population dépend directement ou indirectement de cette industrie. On estime que d'ici les 20 à 30 prochaines années, entre 20 % et 25 % de la croissance économique du pays devront être assurés par l'industrie du cocotier (Creencia 1979 ; Igual 1978).

En dépit du fait que les Philippines sont le plus grand producteur de noix de coco au monde (Igual 1978), le revenu net découlant de l'exploitation du cocotier demeure très bas (Medina *et al.*, 1976 ; Valiente *et al.* 1977). Ce fait indiquerait que la technologie et les méthodes de production sont inadéquates.

Dans une culture pure de cocotiers plantés à des écartements allant de 7 × 7 m à 10 × 10 m, avec une zone racinaire utile d'un rayon de 2 m, on estime que seulement 12,6 % à 25,7 % de la superficie totale disponible sont effectivement utilisés (Neliat *et al.* 1974). De même, la structure et l'orientation des feuilles de cocotier permettent à une partie de la radiation solaire incidente d'atteindre la surface du sol en filtrant au travers des étages inférieurs. Ainsi, les plantations de cocotiers en monoculture ont une productivité biologique annuelle de 17,11 ha seulement, ce qui est de loin en dessous des valeurs théoriques (Neliat *et al.* 1974).

Les plantations de cocotiers peuvent être exploitées plus pleinement si l'on plante des cultures associées appropriées entre les stipes. Aux Philippines, beaucoup de cultures ont été installées avec succès sous les cocotiers. Des revenus substantiels ont été obtenus grâce à ces cultures associées, et les cocotiers eux-mêmes en ont bénéficié (Bartolome et Tolentino 1952 ; Leach *et al.* 1971 ; Cuevas *et al.* 1974 ; Ramadasan *et al.* 1976 ; Brant 1978 ; Creencia 1978).

Dans une étude réalisée par Cuevas *et al.* (1974), la patate douce s'est avérée une des cultures les plus couramment pratiquées sous les cocotiers dans les provinces d'Albay et de Leyte, mais non ailleurs, dans d'autres provinces.

La patate douce s'adapte bien à une grande variété d'environnements et elle est facile à établir. Elle empêche les mauvaises herbes de se multiplier dans la cocoteraie et ses pousses constituent, pour le planteur, une source riche de verdure. Les opérations de préparation du sol avant la plantation, et de récolte produisent une aération bénéfique au système racinaire du cocotier. Les tubercules constituent une source potentielle précieuse d'aliments pour l'homme et les animaux, voire même d'énergie industrielle.

Le comportement de la patate douce sous cocotiers varie largement d'une variété à l'autre, parce que l'ombrage affecte les processus biologiques de la plante. Les différences de rendement entre des cultures ombragées et des cultures non ombragées ne peuvent être prévues à l'avance.

Tsuno et Fujise (1965) cités par Austin et Aung (1973a), ont rapporté que le rythme auquel les photosynthétats sont prélevés des feuilles pour être transférés aux racines agit plus sur le rendement que le taux de production des photosynthétats dans les feuilles *per se*. Ainsi, les variétés à taux photosynthétique supérieur ou à indice de surface foliaire plus élevé ne donnent pas obligatoirement le rendement le plus élevé.

La présente étude a été conduite pendant cinq saisons alternativement humides et sèches, de février 1976 à avril 1978. Au total, 26 variétés de patate douce ont été testées à la Station Expérimentale de l'UPLBCA à Bitukang Manok dans Barangay Mainit, Bay, Laguna.

MATERIELS ET METHODES

La plupart des variétés utilisées furent choisies dans les collections du Département d'Agronomie, UPLBCA. En raison du manque de boutures, quatre des 26 variétés ne furent pas cultivées en plein champ durant la saison sèche de 1976. De même, Misamis Oriental et Georgia Red ne furent pas cultivées au cours des saisons successives à cause d'un manque de matériels de plantation (Tableau 1).

Le labour et le hersage du terrain furent entrepris à deux reprises. Des parcelles mesurant 2 × 7 m furent utilisées pour chaque variété, aussi bien en plein champ que sous cocotiers. Elles furent répétées trois fois. Les emplacements de plantation étaient espacés de 50 cm entre et dans les sillons et plantés avec une bouture chacun. Ainsi, il y avait quatre plants par mètre carré.

L'engrais (40 kg de NPK/ha) fut appliqué à deux reprises : la moitié de la dose fut appliquée deux semaines après la plantation et le reste six semaines après. Les cultures de saison sèche furent irriguées. Le désherbage et le binage furent réalisés à deux reprises, avant chaque application d'engrais. Les traitements contre les pestes et les maladies furent effectués aux taux prescrits pour ces cultures.

La récolte commença 15 semaines après la plantation. Du fait qu'elle était réalisée à la main au moyen de bêches-fourches, il fallut une semaine pour récolter tous les échantillons.

Dix échantillons par parcelle furent prélevés au hasard. Lors de la récolte furent notés la longueur de la tige et le poids des tiges et des racines fraîches.

RESULTATS

Les essais conduits au cours des saisons humide et sèche de 1976 ne furent pas couronnés de succès et l'on n'obtint aucune donnée utile. Les poids de feuillage des variétés testées en 1977 au cours de la saison sèche figurent au Tableau 2. Karja produisit le plus fort tonnage de feuillage dans les deux situations. En condition ombragée, Kinaransi Puti s'avéra le moins bon producteur de pousses légumières, tandis que BNAS 51 donnait le moins de feuillage en condition découverte.

Les variétés testées pendant la saison humide de 1977 donnèrent des résultats variables en ce qui concerne le poids des tiges. Huit des 12 variétés produisirent plus de feuillage en conditions ombragées qu'en conditions découvertes. Par conséquent, la production moyenne de feuillage fut plus élevée en conditions ombragées. Toutefois, la production à l'ombre, même avec une irrigation régulière appliquée pendant la saison sèche de 1978, fut inférieure. Ceci était vrai pour toutes les

variétés. Les meilleurs producteurs furent Quezon 7 et (Jap × US) 23, respectivement pour les situations ombragées et découvertes. Le producteur le plus faible fut North Carolina dans les deux situations (Tableau 3).

Tableau 1. Les variétés de patate douce cultivées sous cocotiers et à découvert, février 1977 à avril 1978

Variétés	1977		1976
	Saison sèche	Saison humide	Saison sèche
Kaalsa	✓		
Kanja	✓		
Kinarans Puti	✓		
Misams Oriental			
(Japan X US) 23	✓	✓	✓
(Jacan X US) 17	✓	✓	✓
Bangued	✓		
UPCA 47	✓		
Seedling 45	✓		
Seedling 47	✓		
BNAS 51	✓	✓	✓
Georgia Red			
Kaogbon	✓		
Kataio	✓		
Ilocos Norte	✓		
Ilocos Sur	✓		
Quezon 7	✓		
C 2004		✓	✓
Minuras		✓	✓
North Carolina		✓	✓
San Roque		✓	✓
C 7		✓	✓
C 36		✓	✓
Albay 2		✓	✓
Quezon 13		✓	✓
C 106			✓

Tableau 2. Poids de tiges (g plant) de 14 cultivars de patate douce cultivés à découvert et sous cocotiers, saison sèche 1977

Variété	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)
UPCA 47	380	570	66.67
Kinarans Puti	249	450	55.33
Kanja	832	1048	79.39
Kaogbon	399	427	93.42
Kaalsa	361	463	77.97
(Jap X US) 23	487	643	75.74
(Jap X US) 17	372	371	100.03
BNAS 51	387	349	110.89
Kataio	322	715	45.03
Ilocos Norte	532	444	119.82
Ilocos Sur	494	828	59.66
Seedling # 47	563	612	91.99
Seedling # 45	544	385	141.30
Banguet	433	579	74.78
Grande moyenne	454	563	84.61
HSD 05	267.7	329.0	
01	282.1	346.7	
CV (%)	14.4	22.0	

Tableau 3. Poids des tiges (g plant) de 14 variétés de patate douce à découvert et sous cocotiers, saison humide 1977 et saison sèche 1978

Variété	Saison humide 1977			Saison sèche 1978		
	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)
Quezon 7	549	475	115.60	363	366	99.18
C 200-1	475	553	65.93	281	434	64.75
(Jap X US) 17	678	456	148.63	204	287	71.08
(Jap X US) 23	729	565	129.02	210	577	36.39
Mindoras	599	481	124.53	177	313	56.55
North Carolina	317	314	100.95	188	[illegible]	97.91
San Roque	314	452	69.50	251	327	76.75
C 7	699	867	80.62	127	325	39.08
C 36	515	469	109.60	232	353	65.72
Albay 2	669	720	77.16	151	338	44.47
Quezon 13	418	401	104.23	248	320	77.50
BNAS 51	603	532	113.34	192	331	58.00
C 106	–	–	–	254	354	71.75
Grande moyenne	547	524	104.89	216	347	66.08
HSD 05	376.6	245.3		167.1	266.1	
01	395.5	256.3		173.2	NS	
CV (%)	24.1	15.0		24.3	26.2	

La longueur des tiges variait de façon significative chez les variétés cultivées dans les deux situations. Kaalsa et Ilocos Norte produisaient les plus longues tiges à l'ombre et à découvert, respectivement, alors que Seedling 47 produisait les tiges les plus courtes quelle que soit la situation (Tableau 4).

Tableau 4. Longueur des tiges (cm plant) de 14 cultivars de patate douce cultivés à découvert et sous cocotiers, saison sèche 1977

Variété	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)
UPCA 47	332	257	129.18
Kinaransi Puti	314	286	109.79
Karja	229	210	109.05
Kaogbon	274	236	116.10
Kaalsa	411	314	130.89
(Jap X US) 23	232	211	109.95
(Jap X US) 17	246	210	117.14
BNAS 51	259	200	129.50
Katalo	258	205	125.85
Ilocos Norte	310	359	86.35
Ilocos Sur	333	357	93.28
Seedling # 47	169	140	129.71
Seedling # 45	241	174	138.50
Bangued	179	147	121.77
Grande moyenne	271	236	117.00
HSD 05	108.4	114.2	
01	114.3	120.3	
CV (%)	13.8	12.7	

Dans le tableau 5 figure la longueur de tige des variétés testées au cours de la saison humide de 1977 et de la saison sèche de 1978. Quezon 7 produisit régulièrement les plus longues tiges pendant les deux saisons et dans les deux situations. C 36 et North Carolina produisirent les tiges les plus courtes, respectivement à l'ombre et à découvert.

Tableau 5. Longueur des tiges (cm plant) de 13 cultivars de patate douce cultivés à découvert et sous cocotiers, saison humide 1977 et saison sèche 1978

Variété	Saison humide 1977			Saison sèche 1978		
	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)
Quezon 7	642	354	181.35	358	329	108.81
C 200-1	428	299	143.14	269	260	103.43
(Jap X US) 17	508	238	213.44	251	197	127.41
(Jap X US) 23	459	231	198.70	249	217	114.75
Minuras	477	312	152.90	233	223	104.48
North Carolina	266	171	155.55	233	101	230.67
San Roque	554	385	143.90	237	242	97.93
C 7	340	302	112.60	240	149	161.67
C 36	489	336	145.53	207	287	72.12
Albay 2	432	301	140.20	278	173	160.69
Quezon 13	550	331	116.16	329	220	149.54
BNAS 51	584	316	184.81	232	208	111.54
C 106	–	–	–	302	282	107.09
Grande moyenne	477	298	160.07	263	222	126.89
HSD 05	134.8	321.5		114.4	NS	
01	149.9	336.9		129.0		
CV (%)	15.1	22.5		16.3	31.5	

L'ombrage semblait favoriser l'élongation des tiges. Toutes les variétés produisaient des tiges plus longues quand elles étaient cultivées sous cocotiers que lorsqu'elles étaient cultivées à découvert, excepté pour Ilocos Norte, Ilocos Sur et C 36.

Toutes les variétés cultivées pendant la saison sèche (février-mai) de 1977 ont produit des racines. Des différences significatives furent observées entre les variétés. Les quatre variétés les plus performantes sous ombrage furent (Jap × US) 17, BNAS 51, Ilocos Norte, et (Jap × US)23. Il est surprenant de noter que le rendement de Ilocos Norte et de Seedling 45 était même meilleur sous ombrage qu'à découvert (Tableau 6). Avec une irrigation régulière, ces variétés eurent une croissance vigoureuse et buissonneuse sous ombrage. Ceci est aussi prouvé par leur poids de tiges et la longueur de celles-ci.

Trois variétés qui s'étaient bien comportées dans les deux situations furent choisies parmi celles cultivées en 1977-78. Elles furent testées à nouveau les deux saisons suivantes afin de vérifier leur performance sous cocotiers.

Le tableau 7 présente le rendement en racines par plant pour les variétés cultivées pendant la saison humide 1977 et la saison sèche 1978. La culture réalisée au cours de la saison des pluies ne donna que des rendements très bas pour les plantes intercalées dans la mesure où quatre variétés ne donnèrent pas de résultats utilisables. Le rendement de la culture pure est également bas cette saison. Albay 2, Quezon 7 et C 36 ne produisirent pas de racines de réserve commercialisables sous ombrage. Ces rendements peu élevés sont attribuables aux dégâts causés par les fortes pluies et les inondations qui survinrent au cours de la saison (Figure 1). Sur les trois variétés retestées, seul BANS 51 s'était bien comportée sous cocotiers.

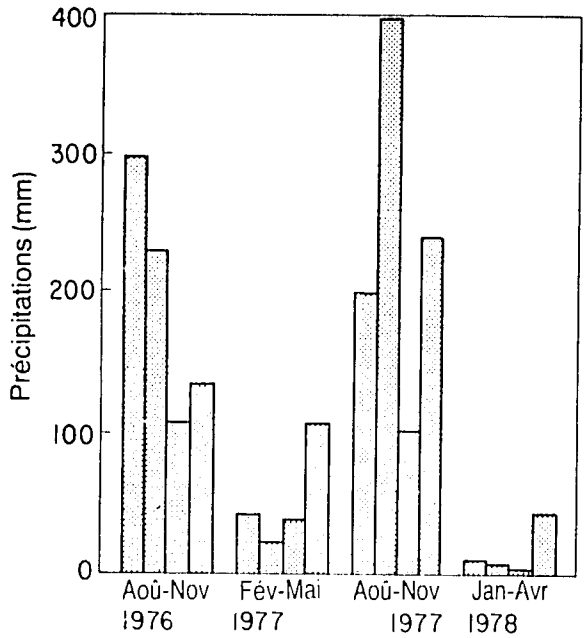


Figure 1. Précipitations annuelles à Los Baños d août 1976 à Avril 1978

Grâce à une irrigation régulière, de bonnes performances ont été observées pendant la saison sèche de 1978 pour toutes les variétés (Tableau 7). Aucune différence significative ne put être dégagée entre les rendements en racines des cultures réalisées dans les deux situations. Minuras produisait notablement plus de racines de réserves quand elle était ombragée et son rendement en racines était le plus élevé des 13 variétés. A nouveau, BNAS 51 produisait de bons rendements sous cocotiers, de même qu'en culture non couverte.

Tableau 6. Poids des racines (g plant) de 14 cultivars en champ ouvert et sous cocotiers, saison sèche 1977

Variété	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)
UPCA 47	63	63	100.00
Kinarar[illegible]	340	28	8.24
Karja	106	4	3.77
Kaogbon	244	111	45.49
Kaalsa	386	108	27.98
(Jap X US) 23	392	151	38.52
(Jap X US) 17	282	207	73.40
BNAS 51	414	171	41.30
Katalo	210	26	12.38
Ilocos Norte	168	155	227.94
Ilocos Sur	280	77	27.50
Seedling # 47	336	105	31.25
Seedling # 45	73	148	202.74
Bangued	239	130	54.39
Moyenne générale	242	106	43.80
HSD 05	279.7	176.9	
.01	294.7	186.4	
CV (%)	35.1	50.8	

Tableau 7. Poids des tubercules (g plant) de 12 cultivars de patate douce, en culture découverte et sous cocotiers, saison des pluies 1977 et saison sèche 1978

Variete	Saison humide 1977			Saison seche 1978		
	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)	Sous cocotier (A)	Champ ouvert (B)	A/B (%)
C 200-1	49	12	25 00	256	150	50 08
(Jap X US) 17	35	24	68 57	216	108	50 00
(Jap X US) 23	[illegible]	22	32 35	279	112	40 14
Minuras	146	18	12 32	177	198	111 86
North Carolina	65	35	40 70	188	154	81 91
San Roque	54	23	42 49	263	109	41 44
C 7	253	21	8 30	169	56	33 14
Quezon 13	27	0	—	298	133	44 63
BNAS 51	116	78	67 24	195	153	78 46
Albay 2	0	0	—	259	117	45 17
Quezon 7	0	0	—	216	61	28 24
C 36	0	0	—	230	101	43 91
Grande moyenne	93	29	31 18	229	119	51 96
HSD 05 01	NS	NS		NS	NS	

La densité de plantation est de 4 plants/m²

DISCUSSION

La production de feuillage et celle de tubercules de patate douce sont considérées séparément aux Philippine. La propriété est donnée à la production des tubercules alors que celle du feuillage (pour l'élevaçe) peut être considérée comme moins importante.

Au cours des trois saisons où les rendements en racines et en feuillage furent relevés, on observa que l'un comme l'autre étaient réduits par l'ombrage. A l'exception de la saison des pluies 1977, les poids moyens de feuillage étaient généralement plus bas pour les cultures sous cocotiers que pour les cultures découvertes. De la même façon, le rendement en racines des variétés intercalées était inférieur.

Cependant, les saisons pendant lesquelles le poids moyen du feuillage des plants en culture associée était bas, exprimé en pourcentage, une augmentation correspondante du pourcentage du rendement en racines fut observée (Figure 2). Ceci fut observé durant la saison sèche 1978. Il est intéressant de noter que lorsque le poids moyen du feuillage sous ombrage dépasse celui obtenu en découvert, le rendement en racines est considérablement réduit. Pendant la saison des pluies 1977, la récolte des tubercules de la culture associée ne correspondait qu'à moins d'un tiers de celle en provenance du champ découvert (Tableau 4). Dans ce cas, on peut penser que la croissance exubérante du feuillage s'était faite aux dépens des tubercules.

Bien qu'Austin *et al.* (1970) aient établi que l'augmentation du poids des tubercules se produit concurremment avec la croissance des sommités vertes, avec un degré élevé de corrélation, le taux de migration des assimilats pourrait être plus important pour le développement des tubercules que les augmentations de surface foliaire (Austin et Aung 1973 a). Il n'est pas surprenant que des rendements en racines plus élevés aient été obtenus en 1978 et non au cours des essais précédents, même en dépit de rendements en feuillage inférieurs.

La longueur des tiges n'a aucune influence sur la protection des tubercules. Les plants cultivés sous les cocotiers produisent des tiges longues et fines à internœuds longs et à peu de feuilles.

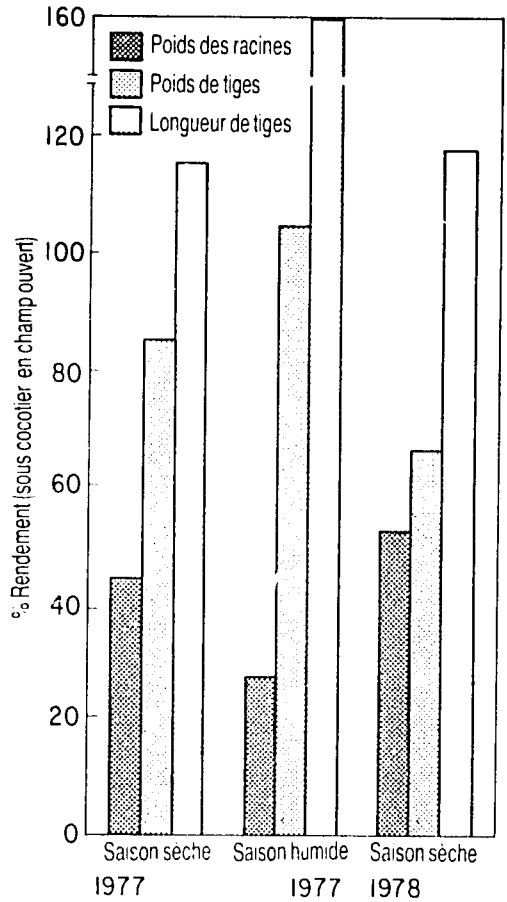


Figure 2. Taux de rendements de patates douces

Dans ces conditions, le rendement moyen en tubercules est de loin inférieur à ce qu'il était en champ découvert. Pour expliquer ce fait, Austin et Aung (1973 a) et Incoll et Neales (1970) suggèrent que les tiges agissent comme des puits intermédiaires qui concurrencent avec efficacité les racines de réserves (le puits terminal) pour les photosynthétats originaires des feuilles. C'est ainsi que, dans leurs autres expériences (Austin et Aung 1973 b), au cours desquelles la croissance des tiges était restreinte, des produits chimiques qui ne purent réduire la croissance du cultivar Centennial, réduisaient le poids des tubercules en matières sèches de façon significative. Cependant, des précautions doivent être prises en ce qui concerne la réduction du développement des tiges. Les rendements en tubercules furent gravement réduits (Ching 1923), suite à une sévère coupe des tiges les ramenant à des longueurs de 30 cm et 45 cm (Ching 1923).

Les rendements en tubercules étaient aussi affectés en fonction de la saison au cours de laquelle la culture était effectuée. Les cultures de saison sèche donnaient des rendements plus élevés que celles des saisons de pluies (Tableau 7). Ce fait peut être attribué aux différentes quantités de lumière disponibles pour les cultures, dans les deux situations, celles-ci étaient influencées par un temps nuageux. La figure 2 donne la pluviométrie pendant la période de croissance des cultures. Kennard (1944) pensait que la pluviométrie et la photopériode avaient une certaine action sur le rendement. Ce fait était aussi rapporté par Kim (1961) qui observait qu'une photopériode de 16-heures favorisait la formation des racines de réserves, alors qu'une photopériode de 8-heures entravait le processus.

Quoique les rendements en tubercules soient influencés par le rendement en feuillage, ce dernier ne doit pas être utilisé comme mesure de la valeur de telle ou telle variété de patates douces. Au cours de cette étude, des différences significatives ont été observées dans les rendements en feuillage pendant les trois saisons, alors que des différences significatives dans le rendement en racines ne furent observées que durant la saison sèche de 1977. Les dix variétés additionnelles testées durant la saison des pluies 1977 et la saison sèche 1978 étaient celles qui se comportèrent aussi bien dans l'essai conduit par le Département d'Agronomie, UPLBCA.

BIBLIOGRAPHIE

AUSTIN, M. E. L. H. AUNG and B. GRAVES. 1970. Some observations on the growth and development of sweet potato (*Ipomoea batatas*). J. Hort. Sci. 45 :257-264.

AUSTIN, M. E. and L. H. AUNG. 1973a. Patterns of dry matter distribution during development of sweet potato (*Ipomoea batatas*). *J. HORT. Sci. 48 :11-17*

AUSTIN, M. E. and L. H. AUNG. 1973b. Influence of growth regulator on the development of Ipomoea batatas. J. Hort. Sci. 48 :271-279

BARTOLOME, R. L. and L. TOLENTINO. 1956. The raising of crops under old coconut groves. Phil. J. Agric. 19(3-4) :161-9

BRANT, C. I. 1978. Coconut intercropped with coca. Phil. J. of Coconut Studies (34) :29-34

CHING, H. L. 1923. The sweet potato in Hawaii. Tech. Bull. 59 Hawaii Agric. Expt. Sta. 7

COCONUT STATISTICS. 1980. UCAP. Manila

CUEVAS, S. E., P. C. TABORA Jr., J. C. STA. IGLESIA, N. C. BRIONES and R. F. BADER. 1974. Annual report. UPLB-NFAC Coconut Intercropping Projects

CREENCIA, R. P. 1979. Land use optimization of coconut plantations. Phil. Geog. J. 23 :128-136

IGUAL, M. 1978. The Philippine coconut industry looks up to year 2020. J. Amer. Oil Chem. 55 :306 A-308 A.

INCOLL, L. D. and T. F. NEALES. 1970. The stem as a temporary sink before tuberization in *Helianthus tuberosus* L. J. Exp! Bot. 2 :469-476

KENNARD, G. G. 1944. Sweet potato variety experiments at the Imperial College of Tropical Agriculture, 1927-43. Trop. Agric. 21 :69-77

KIM, Y. C. 1961. Effects of thermoperiodism on tuber formation in *Ipomoea batatas* under controlled conditions. Pl. Physiol. Lancaster. 36 :680-684.

LEACH, J. R., R. SHEPHERD and P. D. TURNER. 1971. Cocoa growers Bull. No. 17 pp. 5-10.

MEDINA, J. P., A. M. VALIENTE, Jr., Z. M. SANCHEZ, L. S. MACASPAC, E. G. MEJIA, L. R. CABEBE, N. R. ATIENZA, L. C. SORIANO and D. A. DOMINGO. 1976. Coconut socio-economic and marketing studt. Part I. Leyte. Department of Agriculture.

NELIAT, E. V., K. V. BAVAPPA and P. K. NAIR. 1974. Multistoreyed — A new dimension in multiple cropping for coconut plantations. World Crops 26 (6) :263-266.

RAMADASAN, K., T. VANIALINGAM, E. CHAN, K. C. TECH and I. ABDULLAH. 1976. Intercropping coconuts with cocoa in Malaysia. *In* Inter. Symp. Coconut Res. and Dev., Kasaragod, India, 28-31 Dec 1976.

VALIENTE, A. M. and L. S. MACASPAC. 1977. Coconut socio-economic and marketing study. Part IV. Northern Mindanao. Department of Agriculture.

LES CULTURES INTERCALAIRES AVEC LA PATATE DOUCE EN AMERIQUE CENTRALE

R. A. MORENO
Centre Agronomique Tropical de Recherche et d'Enseignement (CATIE) Turrialba, Costa Rica

INTRODUCTION

La patate douce (*Ipomoea batatas* (L) Lamb) fut probablement domestiquée pour la première fois dans les basses terres du nord de l'Amérique du Sud et aux Antilles. Son introduction ancienne en Amérique Centrale la fit connaître des Mayas qui l'appelèrent « camotli », appellation d'où est dérivé le nom espagnol « camote » (Leon 1977 ; Bronson 1966). Malgré sa domestication ancienne dans cette région, la patate douce n'est une culture importante dans aucun des six pays de l'Isthme d'Amérique centrale (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua et Panama). Ce sont probablement les problèmes de commercialisation qui constituent la principale entrave à l'extension de la culture de cette plante dans la région. Cependant, elle est fréquemment cultivée dans le jardin des petits agriculteurs pour la consommation domestique et, dans une moindre mesure, comme culture de rente sur de petites superficies à proximité des grandes villes.

Quoique peu abondantes, les quelques informations disponibles provenant de différentes zones écologiques principalement du Salvador et du Costa Rica, soulignent la possibilité d'intégrer la patate douce dans de systèmes de culture adaptés aux conditions agronomiques et socio-économiques des petits agriculteurs d'Amérique Centrale (Bieber 1978 ; Moreno 1979). Les cultures associées, y compris la culture simultanée de deux ou plusieurs plantes sur le même terrain, sont importantes dans la région.

Depuis 1973, le Centre Agronomique Tropical de Recherche et d'Enseignement (CATIE) basé à Turrialba, Costa Rica, mène des recherches pour développer une technologie appropriée pour les petits agriculteurs d'Amérique Centrale. L'expérimentation, orientée vers les problèmes spécifiques de la ferme, et conduite par des chercheurs locaux en collaboration avec les agronomes résidents du CATIE dans chaque pays et revêt une importance particulière pour la phase ultime de ce programme. Une recherche plus fondamentale axée sur des solutions à apporter à moyen et à long terme aux problèmes de production des petits agriculteurs est réalisée au siège du CATIE pour appuyer les activités de vulgarisation (Moreno et Saunders 1978).

La description des systèmes culturaux et des milieux existants, la mise au point des solutions technologiques, l'expérimentation sur le terrain, et le suivi des innovations efficaces, sont les étapes fondamentales de la méthodologie de recherche.

La mise au point de nouveaux systèmes culturaux pour les petits paysans implique nécessairement une connaissance de la réponse physiologique des plantes à l'environnement. Le concept d'environnement implique la présence d'autres plantes, puisque cultiver des plantes en association est l'un des mécanismes qui permettent aux petits agriculteurs d'Amérique Centrale de faire face aux risques agronomiques et économiques liés à la production.

Turrialba (9° 53' N, 83° 39' O) est située à 600 m au-dessus du niveau de la mer et a une pluviométrie moyenne annuelle de 2700 mm. L'évapotranspiration n'est supérieure aux précipitations qu'entre janvier et mars. La température moyenne annuelle est de 22 °C et l'énergie dégagée par la radiation solaire moyenne annuelle est 154 kcal cm^{-2}. Les sols du site expérimental appartiennent à la phase Rocky des séries sol de l'Institut, à l'ordre Inceptisol, et au sous-ordre Tropepts du

Septième Système de Classification et d'Approximation (Hardy 1961). Depuis 1973, à Turrialba, plusieurs schémas culturaux incluant la patate douce ont été testés sur le terrain. Les cultures composantes utilisées dans ces schémas étaient le maïs *(Zea mays L)*, le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), le haricot commun *Phaseolus vulgaris L)* et la patate douce. La patate douce y était incluse en tant que culture composante à cause de sa teneur élevée en vitamines et en protéines, de la possibilité de l'utiliser pour l'alimentation des animaux, de son aptitude à croître dans des sols pauvres et de sa tolérance à la sécheresse. A Turrialba, la contrainte principale qui s'oppose à la production de grain sec est la période de récolte très courte (février-mars), pendant laquelle la précipitation moyenne mensuelle est inférieure à 100 mm. Le manque d'eau et les basses températures pendant la période sèche sont les contraintes majeures qui s'opposent à la production de manioc. L'excès d'eau dans le profil du sol pendant le restant de l'année est probablement la contrainte majeure pour la production de patate douce.

Cette communication passe en revue, en s'efforçant de les combiner, les résultats obtenus au CATIE dans le domaine des cultures intercalaires de la patate douce avec le maïs, le haricot commun et le manioc. Les résultats de recherche exposés ici ont été obtenus à partir des espèces, des cultivars, des distances de plantation et densités résumées au Tableau 1.

Tableau 1. Espèces, variétés, distances et densité de plantation de différents schémas culturaux basés sur les patates douces

Espèces	Variétés	Distances de plantation (m)		Densité plants m²
		Sur la ligne	Entre les lignes	
Haricots *Phaseolus vulgaris*	CATIE-1	0.2	0.5	10
Maïs *Zea mays*	Turrialba Planta Baja	0.5	1.0	4
Patate douce *Ipomoea batatas*	C-7 C-15	0.4	0.5	5
Manioc *Manihot esculenta*	Valencia	0.5	1.0	2

CULTURE INTERCALAIRE DE PATATE DOUCE AVEC DU MAIS

Les premiers essais en champ, réalisés dans le cadre de la mise au point de systèmes de culture associant ces deux plantes, ont suivi les schémas culturaux représentées à la Figure 1 B. Ce schéma a été testé pendant deux saisons : novembre-mars et mai-octobre. Ces essais se sont situés entre 1973 et 1975. Deux lignes de patate douce (écartées de 0,50 m) furent intercalées dans des lignes de maïs âgé de 30 jours, écartées de 1 m. Le maïs fut couché après 4 mois et récolté au 4,5-5ème mois. Coucher la plante de couverture est une pratique qui protège les épis de l'attaque des maladies en cas de pluie avant la récolte. La patate douce fut également récoltée au 4,5-5ème mois. NPK fut appliqué à raison de 175-33-42 kg/ha lors de la première saison de culture et à raison de 150-40-63 kg/ha lors de la seconde.

Après ces premiers essais, l'expérimentation fut poursuivie, en 1975, en vue de déterminer l'influence du schéma cultural et des niveaux d'application de K sur les rendements de cette culture associée. Le schéma de culture 1 B fut comparé à la patate douce plantée en même temps que le maïs (Figure 1 A), et avec la patate douce plantée 60 jours après le maïs (Figure 1 C) pendant la première saison. La lumière disponible pour la patate douce fut modifiée en la plantant suivant différents schémas culturaux. La même fertilisation de base à raison de 150-40 kg/ha pour N et P fut appliquée, mais K fut appliqué à trois doses différentes, 63, 125 et 187 kg/ha. Maïs et

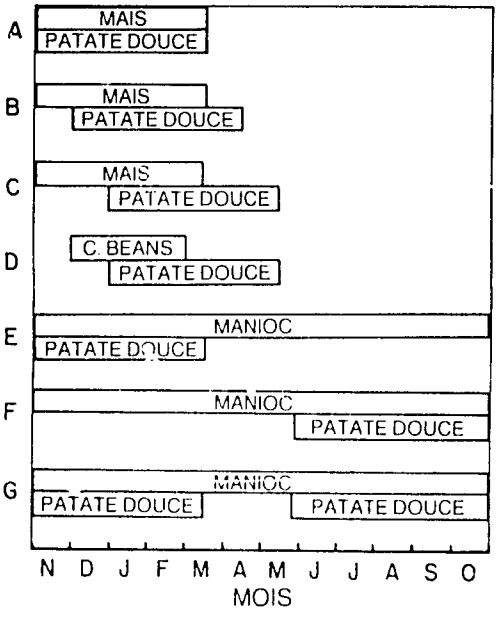


Figure 1. Schémas culturaux regroupant la patate douce, le maïs, le haricot commun et le manioc, testés à Turrialba, Costa Rica 1974-1978

patate furent aussi cultivés en culture pure pour servir de témoins à ces essais. La monoculture de maïs reçut 110-52-35 et celle de patate douce 65-10-30 de N, P et K kg/ha.

Pour la première saison de culture, entre 1973 et 1975, le rendement moyen en racines de la patate douce intercalée dans les schéma cultural 1 B fut extrêmement bas (1,1 t/ha), comparé au rendement en monoculture (10,7 t/ha). Le maïs donnait 2,5 t/ha en association avec la patate douce, mais seulement 2,1 t/ha en monoculture. En seconde saison culturale, les rendements furent de 3,5 et 2,0 t/ha pour les patates douces et le maïs associés, alors qu'en monoculture ces cultures donnaient 4,7 et 2,2 t/ha. La concurrence de la patate douce plantée 30 jours après le maïs n'affectait pas le rendement de celui-ci de façon significative. Aucune différence significative dans les rendements ne fut observée avec cette association culturale, qu'elle soit cultivée une fois par an et suivie d'une jachère dans la même parcelle, ou qu'elle soit mise en rotation avec le maïs ou la patate douce ou le maïs associé avec la patate douce.

On a estimé que si le rendement du maïs associé avec la patate douce était plus élevé qu'en monoculture durant la première saison culturale, c'était probablement à cause de l'excès de N. Pendant la seconde saison culturale, les doses plus élevées de P et de K favorisèrent probablement le rendement de la patate douce qui, entra en compétition avec le maïs pour réduire le rendement de celui-ci.

La comparaison des schémas culturaux 1 A, B et C a montré une diminution du rendement de la patate douce lorsque sa plantation était retardée par rapport au maïs. Une réduction de rendement de 72 % (Tableau 2), provoquée par une plantation retardée de 30 jours, a pu être partiellement mise sur le compte d'un manque d'eau, la pluviométrie ayant été inférieure d'environ 50 % à la normale pendant le cycle cultural. Le meilleur traitement a produit 2,5 t/ha de maïs et 11,4 t/ha de patates douces lorsque les deux cultures étaient plantées en même temps et fertilisées avec 187 kg de K/ha. Aucune différence significative n'a été relevée entre les dates de plantation de la patate douce en champ nu, pour ce qui concerne radiation ou température, mais les différences

Tableau 2. Rendement en racines fraîches de patate douce et en grains de maïs (14 % HOH), dans différents schémas culturaux ; radiation totale cumulée interceptée par la patate douce de 0-90 jours, et pluviométrie cumulée au cours du cycle végétatif de la patate douce. Turrialba, Costa Rica, 1976

Schéma cultural	Maïs (t ha)	Patate douce (t ha)	Radiation cumulée (0-90 jours) interceptée par la patate douce (kcl cm²)	Pluviométrie pendant le cycle cultural de la patate douce (m m)
Maïs / Patate douce	2.21	9.61	22.9	659
Maïs / Patate douce	3.47	2.66	14.8	338
Maïs / Patate douce	3.45	2.16	12.1	699

dans la radiation interceptée par les patates douces intercalées avec la maïs à différentes dates étaient significatives (Tableau 2) et étaient probablement en grande partie responsables des différences de rendement.

La radiation, les éléments nutritifs, la température et l'humidité du sol, on le sait, sont des facteurs qui conditionnent le rendement de la patate douce (Hahn 1977) : A Turrialba, la lumière et les éléments nutritifs sont les facteurs les plus susceptibles d'être modifiés dans les associations avec le maïs. Le maïs, en tant que plante à C-4, développe son feuillage avant la patate douce, interceptant la majeure partie de la lumière disponible. D'après Arze (1975), une moyenne de 243 cal m⁻² jour sous forme de radiation solaire était à la disposition de la patate douce dans les interlignes du maïs Tuxpeno Planta Baja C-7 alors qu'une moyenne de 437 cal m⁻² jour était disponible pour une monoculture de patate douce. Cette réduction d'environ 50 % de l'intensité lumineuse est suffisante pour réduire la production de matières sèches et, probablement, à la fois la lignification des cellules de la stèle et l'activité cambiale.

On a observé une réduction du rendement de la patate douce lorsqu'elle était cultivée en association avec le maïs, mais on ne dispose pas d'informations détaillées à ce sujet (Tang Département de l'Agriculture 1960). Une corrélation positive et significative a été observée dans plusieurs essais conduits à Turrialba, entre la radiation interceptée par la patate douce d'une part et la surface foliaire et la biomasse totale d'autre part (Escobar 1975 ; Lizarraga 1976).

Comme relaté précédemment, les différences d'humidité du sol disponible à chaque date de plantation de la patate douce ont probablement affecté la performance du schéma cultural 1 B, en comparaison avec les schémas 1 A et 1 C. Dans tous ces essais, aucune corrélation n'a été observée entre le rendement en tubercules et la teneur en K et en P de la biomasse aérienne ou des racines. Une teneur élevée en N du feuillage de la patate douce agit sur le rendement de façon négative comme on l'a mentionné ailleurs (Hahn 1977). Le pourcentage en Ca et Mg des tissus du maïs augmente au fur et à mesure que la concurrence avec la patate douce diminue. Quelle que soit la date de plantation, la patate douce extrait du sol des quantités de Mg relativement grandes. La plantation simultanée du maïs et de patate douce a pour résultat une concurrence plus forte entre ces deux plantes pour le Mg disponible. De plus, la teneur en Ca et en Mg des tissus de maïs décroît lorsque l'on augmente la dose de K. Des quantités appropriées de Mg sont sans doute nécessaires pour éviter le déséquilibre de cet élément dans le sol et les tissus des plantes lorsque la fertilisation potassique est utilisée en vue d'obtenir un équilibre adéquat avec le N appliqué (Zuniga 1976). Dans les trois schémas culturaux, les niveaux moyens de K, Ca et Mg du sol ont décru entre la plantation et la récolte, de 1,05 à 0,72, 4,70 à 3,71 et 2,14 à 1,62 me 100 ml de sol.

Tableau 3. Production moyenne de matières sèches par un maïs âgé de 120 jours et une patate douce âgée de 150 jours, cultivés en association avec différents niveaux d'application de N et de K. Turrialba, Costa Rica, 1977

Traitement	Application		Maïs (t/ha)		Indice de récolte (%)	Patate douce (t/ha)		Indice de récolte %	Total plante entière[y]	Fraction de matière sèche comestible (t/ha)	Indice de récolte combiné (%)
	N (kg/ha)	K (kg/ha)	plante	grain		plante	tubercules				
1	25	189	4.8	1.9 (2.3)[z]	28.2	2.0	2.7 (9.0)[z]	57.5	11.4	4.6	40.3
2	60	95	5.3	2.5 (3.0)	32.2	2.3	2.2 (7.4)	49.1	12.3	4.7	38.2
3	60	284	5.8	1.9 (2.3)	25.1	1.9	2.5 (8.4)	56.4	12.1	4.4	36.3
4	120	39	5.6	2.8 (3.3)	33.1	2.4	1.7 (5.5)	40.5	11.9	4.5	37.8
5	120	189	6.8	3.4 (4.1)	33.4	2.4	1.9 (6.3)	44.6	14.5	5.3	36.5
6	120	323	6.7	2.9 (3.5)	30.3	2.1	2.2 (7.4)	47.0	13.9	5.1	36.6
7	180	95	6.7	3.2 (3.9)	32.4	2.6	1.5 (5.0)	35.7	14.0	4.7	33.5
8	180	284	6.5	2.9 (3.5)	30.8	2.7	1.6 (5.5)	37.7	13.7	4.5	32.8
9	240	189	6.8	2.6 (3.1)	27.7	2.1	1.4 (4.7)	40.2	12.9	4.0	31.0

[z] Les chiffres entre parenthèses représentent le rendement grain de maïs (14 % H 20) et le poids frais des racines de patates douces, en t/ha.

[y] Le système racinaire du maïs n'est pas pris en compte.

Le rapport N:K optimum, utilisé pour fertiliser la patate douce et le maïs, a été étudié pour ces plantes en monoculture (Fujise et Tsuno 1967; Bishop, Smeltzer et Maccacaern 1972) mais la culture simultanée de ces espèces présente quelques problèmes spécifiques étant donné que le niveau adéquat de fertilisation azotée pour le maïs doit être relativement élevé si l'on veut obtenir un bon rendement en patate douce. Une expérimentation plus poussée a été effectuée en 1977 pour mettre au point une formule de fertilisation appropriée pour les deux plantes associées. Divers traitements comportant différents niveaux de N et de K en présence d'un niveau constant de P (40 kg/ha) ont été testés dans le cadre du schéma cultural 1 A.

Ces traitements sont présentés au Tableau 3 avec les chiffres de rendement en matières sèches de maïs et de patate douce, à la fois pour la biomasse totale et la fraction comestible. Les traitements 5, 6, 7 et 8 ont donné une biomasse totale supérieure, mais les traitements 5 et 6 ont produit la plus grande quantité de biomasse comestible, suggérant une relation N:K de l'ordre de 1:2 pour atteindre la meilleure performance de cette association dans des conditions similaires à celles de Turrialba. La matière sèche de la partie aérienne du maïs augmentait avec une application de N allant jusqu'à 120 kg/ha et 187 kg/ha de K, ce qui permettait aussi d'obtenir la meilleure production de matière sèche en grain et le meilleur rendement en grain (14 % H_2O). Le maïs ne répondait pas à des niveaux plus élevés de K en termes de matières sèches du grain ou de rendement en grain (14 % H_2O) à cause, probablement, des valeurs inférieures de la relation MG:K et de celle de (Ca + Mg):K du sol qui diminuaient encore davantage avec de hauts niveaux d'application de K.

La production maximum de matière sèche aérienne de la patate douce a été obtenue à 90 jours; elle augmentait proportionnellement de 5,6 à 8,1 t/ha, des traitements 1 à 8, avec l'augmentation de l'application de N. A 150 jours (Tableau 3), tous les traitements s'abaissaient à des valeurs allant de 1,9 à 2,7 t/ha sans différences significatives entre elles. La matière sèche commençait à s'accumuler dans des tubercules immédiatement après que la biomasse au-dessus du sol ait atteint son poids maximum en sec. Elle tendait à diminuer lorsque l'application de N augmentait. Il en était de même pour le poids de racines fraîches.

En se basant sur les données fournies par McDowell *et al.* (1974) et Merrit et Watt (1955), le poids de matière sèche de la fraction comestible de ces deux plantes était transformée en énergie (g calories), unité commune choisie pour exprimer le rendement. Les rendements en énergie de la patate douce décroissaient lorsque le N augmentait; on a observé l'inverse pour le rendement du maïs. De nouveau, aucune réponse nette à N n'a pu être obtenue en termes de g calories produites par le maïs ou le maïs associé à la patate douce, ce qui était dû au rapport basique inférieur du sol.

Tableau 4. Prélèvement des éléments nutritifs par le maïs et la patate douce cultivés en association. Turrialba, Costa Rica, 1977

Eléments	Epoque de prélèvement maximum (jours après la plantation)	Prélèvement kg/ha		Pourcentage dans la récolte		Pourcentage du total prélevé
		Maïs	Patate douce	Maïs	Patate douce	
N	120	76.6	55.4	50.0	50.0	27.5
K	90	113.0	29.5	54.0	46.0	43.7
P	120	13.7	5.0	73.5	26.5	3.9
S	120	3.0	5.6	29.5	70.5	1.7
Ca	120	22.0	32.6	40.0	60.0	11.4
Mg	120	26.0	16.0	62.0	38.0	8.9
Na	120	4.0	4.7	46.5	53.5	1.8
Cu	45	0.04	0.01	82.0	18.0	0.01
Mn	120	0.06	0.01	80.7	19.3	0.02
Zn	120	0.07	0.04	65.0	35.0	0.02
Fe	45	0.03	1.45	2.0	98.0	0.31
Al	45	0.08	4.00	2.0	98.0	0.83

Une fertilisation de 110 et 183 kg/ha de N et de K produisait la plus grande quantité d'énergie lorsque ces deux plantes étaient cultivées en association. La quantité d'éléments nutritifs prélevés par le maïs et la patate douce cultivés en association figure au Tableau 4. Pour le maïs, l'ordre d'importance des éléments nutritifs est K, N, Mg, Ca, P, alors que, pour la patate douce, il est K, N, Ca, Mg, S. Le maïs absorbait la plupart du P, du Mg, du Cu, du Mn et du Zn disponibles, alors que la patate douce absorbait surtout le S, le Fe et l'Al.

CULTURE INTERCALAIRE DE PATATE DOUCE AVEC LE HARICOT COMMUN

A Turrialba, les haricots communs sont cultivés une fois par an pour être récoltés en grains secs pendant la saison sèche (Février-Mars). De 1974 à 1978, 14 essais en champ ont été réalisés dans les même conditions techniques, qui consistaient à intercaler la patate douce en lignes alternées 30 jours après le haricot (Figure 1 D). Cette combinaison culturale a reçu un total de 145-61-45 kg/ha de NPK. La plus grosse partie du N et du P était appliquée au semis des haricots; le restant était appliqué immédiatement avant la plantation de la patate douce. Le désherbage manuel était effectué deux semaines après la mise en place des haricots et immédiatement avant l'interplantation de la patate douce.

Les haricots communs ont produit en moyenne 1,4 t/ha et les patates douces 7,9 t/ha. Les rendements de ces deux plantes en monoculture étaient respectivement de 1,3 et de 10,7 t/ha. L'association culturale était cultivée seulement une fois et le terrain était ensuite laissé en jachère le restant de l'année. Au 60ème et au 90ème jour, la biomasse foliaire de la patate douce associée au haricot commun n'était pas significativement différente de celle obtenue en monoculture. Cependant, un retard a été enregistré dans le taux d'accumulation de la biomasse dans le système racinaire de la patate douce associée, comparé à celui de sa monoculture. Le nombre de racines/plant était de 2,2-2,5 pour la patate douce associée au haricot commun et de 3,6-3,7 pour la monoculture de la patate douce. Cette réduction du nombre de racines est en grande partie responsable de la réduction du rendement de la patate douce intercalée. La concurrence pour les éléments nutritifs durant les premiers stades du développement de la patate douce intercalée a pour résultat un nombre réduit de racines/plant, tandis que le manque d'eau nécessaire à la translocation des photosynthétats est probablement la cause du retard du taux d'accumulation de la biomasse dans le système racinaire. Aucune différence ne fut observée entre la radiation interceptée par la culture pure des patates douces et la culture associée avec les haricots.

Des valeurs de 1,6 et 1,8 ont été obtenues avec cette association de plantes, pour le rapport d'équivalence de terre. Ces valeurs élevées sont comparables à celles obtenues pour des associations de plantes à cycle végétatif long, comme le manioc, avec des plantes à cycle court, comme le haricot commun (Moreno et Hart 1979).

L'association maïs-haricot commun est l'association culturale la plus répandue chez les petits agriculteurs d'Amérique Centrale. Le maïs est planté au début de la saison des pluies et les haricots sont intercalés en relais entre les chaumes de maïs à la fin de la période pluvieuse. Dans la plupart des cas, les haricots atteignent des prix plus élevés sur le marché que ceux du maïs et, par conséquent, la quantité d'intrants utilisés pour leur production est également plus élevée. L'intercalation de patate douce dans des haricots âgés de 30-40 jours constitue une forme de production précieuse pour rentabiliser les engrais et les autres intrants qui sont normalement appliqués aux haricots communs. Des cultivars de patate douce précoces et résistants à la sécheresse devraient être testés sur la ferme en association avec des haricots communs pour perfectionner cette innovation qui pourrait également devenir une source importante d'aliments pour les animaux.

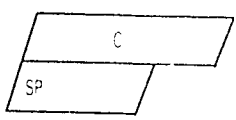
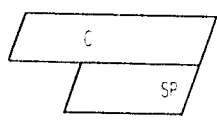
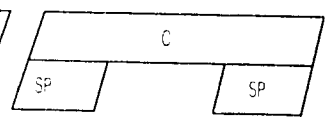
CULTURE INTERCALAIRE DE PATATE DOUCE AVEC LE MANIOC

Le manioc a une croissance initiale lente et ne couvre habituellement le sol complètement que 90 à 120 jours après la plantation. Pendant cette période initiale, son intercalation avec une plante à cycle végétatif court comme la patate douce améliore l'exploitation de la lumière et du sol. Certains génotypes de manioc voient leur surface foliaire se réduire suite à la chute des feuilles 200-240 jours après la plantation, ce qui permet de planter une autre culture dans les interlignes des plants de manioc 120-160 jours avant sa récolte (Moreno 1980).

Trois schémas culturaux avec manioc et patate douce (Figure 1 E, F et G) ont été testés à Turrialba depuis 1974. Deux lignes (séparées de 0.50 m) de patate douce étaient intercalées dans des lignes de manioc (séparées de 1 m). Dans le schéma 1 E, la patate douce était plantée en même temps que le manioc et récoltée manuellement après 140 jours. La patate douce était récoltée avant que les racines de manioc ne soient pleinement développées. L'arrachage des tubercules de patate douce ne causait pas de dégâts notables au système racinaire du manioc. L'ameublissement du sol à ce stade semblait favoriser le développement des racines du manioc. Dans le schéma cultural 1 F, la patate douce était intercalée vers la fin du cycle végétatif du manioc de façon à pouvoir utiliser au mieux la radiation des interlignes de manioc après que celui-ci ait commencé à perdre ses feuilles. A la récolte, les plants de manioc sont arrachés, manuellement, en premier lieu, ce qui ameublit suffisamment le sol pour faciliter le déterrage des patates douces. Ces deux schémas culturaux recevaient une moyenne annuelle totale de 150-48-75 kg/ha de N, P et K. Alors que N et P sont restés constants, l'application de K s'est élevée de 45 à 63 et à 125 kg/ha durant 1975-76, 1976-77 et 1977-78. Dans le schéma cultural 1 G, deux cultures de patates douces alternaient avec le manioc. Un total de 185-49-75 kg/ha de N, P et K était appliqué chaque saison de plantation. Le potassium s'élevait à 125 kg/ha durant 1976-77 et 1977-78.

Le Tableau 5 présente les résultats de ces différents schémas culturaux pendant quatre saisons culturales. L'intercalation simultanée de manioc et de patates douces réduit le rendement du manioc jusqu'à 37 % comparé à son rendement lorsque les patates douces sont intercalées à la fin de son cycle végétatif. Les rendements du manioc en culture pure sont en moyenne de 17 t/ha sur les quatre saisons de culture. La culture des patates douces à la fin du cycle végétatif du manioc ne réduit pas le rendement de ce dernier de façon significative comme il avait été rapporté précédemment pour d'autres cultures (Moreno 1980).

Tableau 5. Rendements du manioc (C) et de la patate douce (SP) associés en intercalaire suivant trois schémas culturaux pendant quatre saisons culturales. Turrialba, Costa Rica, 1974-78.

	Schéma cultural[z]						
							
	Rendement						
Années	C	SP	C	SP	SP	C	SP
1974-75	10.7	9.0	14.8	5.9	7.8	10.4	7.9
1975-76	4.3	9.8	12.2	5.2	10.7	6.4	7.1
1976-77	9.6	3.5	16.6	0.6	6.0	10.1	0.3
1977-78	13.5	1.6	16.7	0.0	1.0	15.9	0.0

[z] Le manioc est récolté à l'âge de 12 mois, la patate douce à l'âge de 4.5 - 5 mois

Les rendements de la patate douce ont été réguliers de 1974 à 1976, mais ont diminué de façon significative de 1976 à 1978. Cette réduction de rendement a principalement affecté les patates douces plantées à la fin du cycle végétatif du manioc. Aucune augmentation notable d'attaques d'insectes ou de maladies n'a été observée au cours de cette période de bas rendements. Cependant, comme on peut le voir à la Figure 2 A et B, une diminution de la teneur en Mg extractible a affecté les trois schémas culturaux, particulièrement le schéma cultural 1 G, au cours des quatre saisons culturales. Le K extractible était aussi réduit, bien que cette réduction n'affectât pas le schéma cultural 1 F avec la même intensité. Apparemment, les applications renforcées de K lors des dernières années d'expérimentation au champ n'étaient pas suffisantes pour compenser les prélèvements opérés par les cultures.

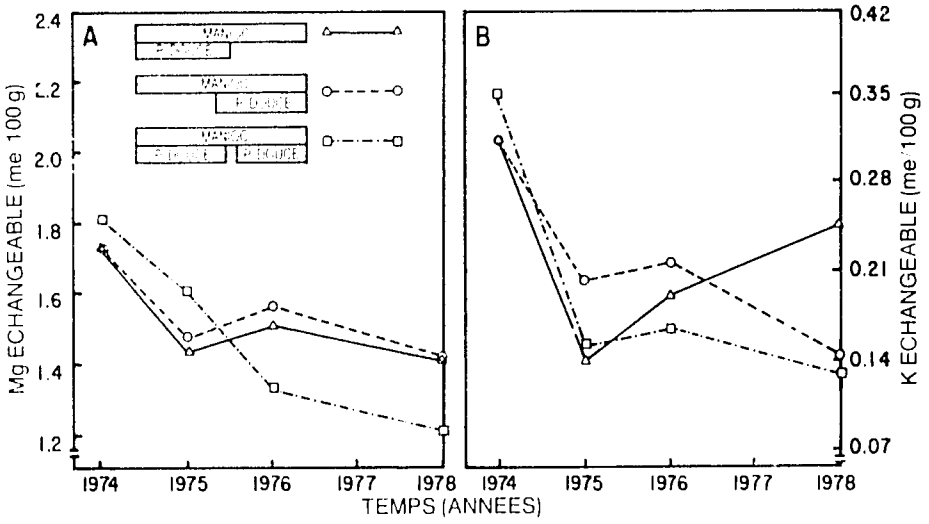


Figure 2. Effet du temps et des systèmes de culture sur les éléments minéraux échangeables d'un Inceptisol à Turrialba, Costa Rica A) Mg échangeable et B) K échangeable (Burgos 1980)
Elément échangeable me 100 g

La production de racines et de matières sèches foliaires du schéma cultural 1 G de 1974 à 1976 est présentée à la Figure 3. La patate douce (5 plants m^{-2}), qui atteignait un pic de 11 t/ha environ après 90 jours de plantation, était responsable de la majeure partie de la biomasse foliaire durant les premiers stades de cette association culturale. L'accumulation de matières sèches dans le système racinaire augmentait après 90 jours. Le manioc (2 plants m^{-2}) atteignait son poids maximum de matières sèches dans les feuilles entre 210-270 jours après la plantation. Le poids de son système racinaire sec s'élevait de façon prononcée après le 180ème jour. La croissance de la seconde patate douce était freinée et atteignait son poids maximum de matières sèches foliaires 120 jours après la plantation. Le niveau inférieur de lumière interceptée au cours des premiers stades de son cycle végétatif était probablement responsable de ce retard. Cette seconde culture de patate douce fut récoltée à 160 jours alors son système racinaire accumulait toujours du poids de matières sèches, et aucun signe de détérioration de la qualité des racines ne fut observé. Un retard de la récolte de 30-40 jours aurait probablement accru le rendement en racines de façon significative. La radiation disponible pour les patates douces intercalées en même temps que le manioc était réduite à 75-80 % de la radiation du champ découvert, 100 jours après la plantation. La plus grande partie de la biomasse aérienne de la patate douce se constituait au cours de cette période. La translocation des photosynthétats et l'accumulation de la biomasse des racines avaient lieu quand la radiation dans les interlignes de manioc passait de 75 à 30 % de la radiation

du champ découvert. La seconde culture de patate douce était installée lorsque approximativement 50 % de la radiation du champ découvert était disponible. Approximativement 80 % de la radiation solaire était disponible quand elle atteignait son poids maximum en matières sèches foliaires (120 jours). Cette radiation disponible s'élevait à 88 % au moment de la récolte. Une quantité de lumière disponible plus importante pour la première culture de patates douces était probablement la raison de son rendement meilleur, exprimé en poids sec de racines.

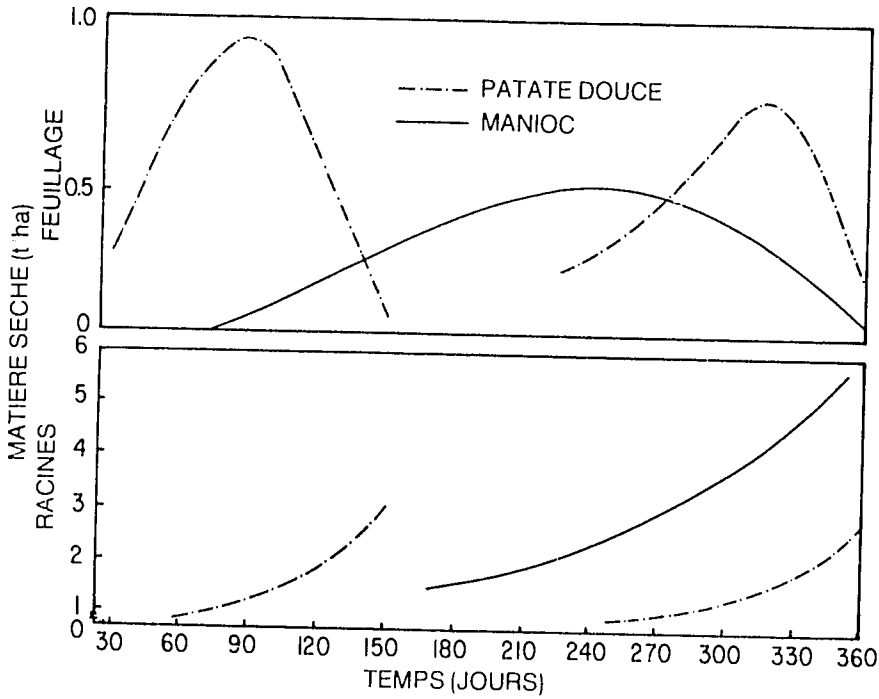


Figure 3. Rendements en matières sèches des feuilles et des tubercules en fonction du temps pour deux cultures de patates douces et une de manioc plantées en mode intercalaire à Turrialba, Costa Rica (Gallegos 1976).

POTENTIEL DE LA PATATE DOUCE DANS DES SYSTEMES DE CULTURE INTERCALAIRE

La patate douce est habituellement cultivée en monoculture dans plusieurs systèmes culturaux, notamment dans les régions à saison sèche bien définie, où elle est conduite sous la forme de culture de rente pour utiliser l'eau et les engrais résiduels. A Turrialba, la patate douce a un rendement en racines fraîches d'environ 18 t/ha, avec une application de 133 t/ha de K, en succédant à une association de maïs et de haricots communs (Brioso de Leon 1979). Toutefois, quand la terre est rare et la main d'œuvre abondante, il existe aussi des possibilités de culture des patates douces en intercalaire avec d'autres espèces. La patate douce est cultivée en intercalaire dans certaines régions des Antilles, notamment au cours de la phase d'installation d'espèces pérennes comme la banane plantain et les bananes dessert.

La concurrence pour la luminosité et les éléments nutritifs est probablement le principal facteur modifiant le comportement de la patate douce associée en intercalaire à d'autres plantes, par rapport à son comportement en culture pure. La recherche devrait être intensifiée pour mettre au

point des schémas culturaux qui mettent à la disposition de la patate douce intercalée la quantité appropriée de radiation lumineuse, et qui, par une fertilisation judicieuse, assurent aux plantes associées l'alimentation adéquate.

Dans le cas de la patate douce et du maïs, la luminosité semble plus importante que les éléments nutritifs par son effet sur le rendement en racines fraîches. Les résultats préliminaires obtenus à Turrialba indiquent que les schémas culturaux à double lignes de maïs et quatre lignes de patates douces donnent de bons rendements pour les deux cultures. Ce schéma cultural permet aux patates douces d'intercepter assez de luminosité et assure l'application d'une fertilisation azotée individuelle au maïs (résultats non publiés, CATIE, Turrialba, Costa Rica). En dépit du caractère concurrentiel des relations entre ces deux plantes (Figure 4), cette association culturale produit annuellement une quantité considérable de biomasse totale, étant donné qu'elle peut être cultivée deux fois par an dans certaines régions à distribution bimodale de la pluviométrie, comme Turrialba. Les interactions illustrées en Figure 4 ont été obtenues en combinant les résultats de plusieurs essais sur le terrain (Mateo 1976 ; Jaramillo, 1977).

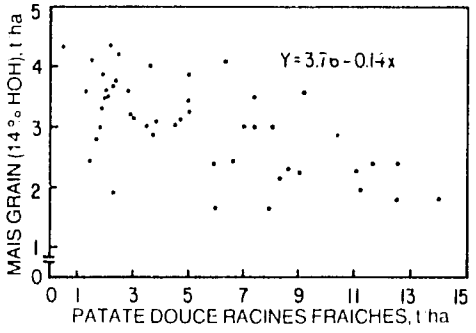


Figure 4. Rendements en maïs grain (14 % HOH) et en tubercules frais de patate douce obtenus à partir de plusieurs essais (1975-76) avec ces cultures en association Turrialba, Costa Rica (Mateo 1976 ; Jaramillo 1977).

Les éléments nutritifs, plutôt que la luminosité, semblent être le principal facteur contraignant dans la culture intercalaire de manioc et de patate douce. Les types de manioc à part érigé permettent aux patates douces, qui leur sont associées et plantées en même temps qu'eux, de recevoir suffisamment de lumière, et les cultivars de manioc qui ont une surface foliaire réduite à la fin de leur cycle végétatif offrent la possibilité d'installer une autre culture de patates douces intercalée, à récolter à la même époque. Une fertilisation équilibrée en Mg et K semble être cruciale pour une production élevée de cette association culturale dans des conditions de sol similaires à celles de Turrialba. Ceci est probablement valable pour des cultures intercalaires associant la patate douce à d'autres plantes à racines.

Les cultures intercalaires avec les patates douces constituent également une alternative intéressante dans le cadre de systèmes intégrant élevage et agriculture, dans lesquels l'alimentation des animaux dépend des cultures de la ferme. Plusieurs résultats de recherche ouvrent des perspectives prometteuses, tant pour la production de viande que pour celle du lait (Baker 1976 ; Ruiz *et al.* 1977).

BIBLIOGRAPHIE

ARZE, J. A. 1976. Condiciones de radicion solar y otros factores microclimáticos dentro de un cultivo de maiz (*Zea mays*) en diferentes densidades y orientaciones de surco. M. S. Thesis, Turrialba, Costa Rica. 111 pp.

BAKER, J. 1976. Utilizacion integral del camote (*Ipomoea batatas* (L) Lamb) en la producción de carne. M. S. Thesis. Turrialba, Costa Rica. 72 pp.

BIEBER, J. 1978. Sistema de cultivo camote-frijol de quia o vigna. San Andres, El Salvador, CENTA. 2 pp.

BISHOP, R., G. SMELTZER and C. R. MACEACAERN. 1972. Response of corn to Nitrogen, Phosphorus and Potassium. Can. J. of Soil Sc. 52: 27-42.

BRIOSO DE LEON, I. 1979. Fertilización de un sistema de producción de cultivos con granos y raices en una distribución de precipitación con un periodo seco corto. M. S. Thesis. Turrialba, Costa Rica. 100 pp.

BRONSON, B. 1966. Roots and the subsistence of the ancient Maya. Southwestern J. of Anthropology 22: 251-279.

ESCOBAR, R. 1975. Analisis del crecimiento y rendimiento del camote en monocultivo y en asociación con frijol, maiz y yuca. M. S. Thesis, Turrialba, Costa Rica. 81 pp.

FUJISE, K. and J. TSUNO. 1967. Effect of potassium on the dry matter production of sweet potato. *In* Proc. Inter. *Symp.* on Tropical Root Crops. Trinidad. p. 20.33.

GALLEGOS, R. 1976. Evaluación agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluyen yuca (*Manihot esculenta*). M. S. Thesis, Turrialba, Costa Rica, 122 pp.

HAHN, S. K. 1977. Sweet potato. *In* Ecophysiology of Tropical Crops. Academic Press, p. 237-247.

HARDY, F. 1961. The soils of the I.A.I.A.S. area. Turrialba, Inter-American Institute of Agricultural Sciences. 76 pp.

JARAMILLO, S. 1977. Absorción de nutrimentos por maiz (*Zea mays*) y camote (*Ipomoea batatas*) en asociación y su fertilizacion con nitrogeno y potasio. M. S. Thesis, Turrialba, Costa Rica, 194 pp.

LEON, J. 1977. Origin, evolution, and early dispersal of root and tuber crops. *In* Proc. of the fourth Symp. Inter. Soc. for Trop. Root Crops. Ottawa IDRC. 277 pp.

LIZARRAGA, N. 1976. Evaluación del crecimiento del camote (*Ipomoea batatas*) y su relación con la radiacion solar en monocultivo y en asociación con yuca (*Manihot esculenta*) y maiz (*Zea mays*). M. S. Thesis, Turrialba, Costa Rica.

MATEO, N. 1976. Evaluación agronómica de un sistema de produccion con maiz (*Zea mays*) y camote (*Ipomoea batatas*). M. S. Thesis, Turrialba, Costa Rica, 74 pp.

MCDOWELL, L., J. CONRAD, J. THOMAS and E. LORIN. 1974. Tablas de composición de alimentos en America Latina. Univ. Florida, Gainesville, Florida, U.S.A. 21 pp.

MERRIT, A. and B. WATT. 1955. Energy value of foods-basis and derivation. U.S.D.A. Handbook N° 74. 105 pp.

MORENO, R. and J. SAUNDERS. 1978. A farming system research approach for small farms of Central America. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 25 pp.

MORENO, R. and R. HART. 1979. Intercropping with cassava in Central America. *In* Proc. of the Workshop Intercropping with cassava. Trivandrum, India. Nov. 27-Dec. 1, 1978, Ottawa, Canada. 144 pp.

RUIZ, M., D. PEZO and L. MARTINEZ. 1977. El uso del camote (*Ipomoea batatas* (L) Lamb) en la alimentació animal. I. Aspectos agronomicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 11 pp.

TANGANYIKA DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1960. Annual report for 1959. Trop. Abstracts 16: 809. 1960.

ZUNIGA, E. 1976. Efecto de diferentes niveles de fertilizacion en un sistema de producción con maiz (*Zea mays*) y camote (*Ipomoea batatas*). M. S. Thesis. Turrialba, Costa Rica. 88 pp.

DISCUSSION GENERALE

(SEANCE IV)

HO : *Quels sont les principaux avantages de l'utilisation de morceaux de racines découpées par rapport aux boutures : lesquels mûrissent les premiers ?*

BOUWKAMP : L'avantage principal est que le procédé exige moins de main d'œuvre et qu'il permet la mécanisation. Les fragments de tubercules exigent une période de croissance un peu plus longue que la production faite à partir de rejets.

CHEN : *Quel paramètre utilise-t-on en matière de criblage pour déterminer la stabilité au stockage ? Quel est l'éventail des périodes de stockage de la patate douce pour les variétés testées ?*

BOUWKAMP : Pour une année donnée, toutes les variétés sont emmagasinées pendant la même durée. Pour toutes les années, la durée du stockage a été très semblable — il n'y avait qu'environ deux semaines de différence.

ANONYME : *Je remarque que vous utilisez le terme « fragment de racine » pour désigner votre matériel de multiplication. Cependant, dans la littérature spécialisée, on utilise également les termes « fragment de semence » et « fragment de tubercule ». Quel est le terme correct ? Ne serait-il pas avantageux pour nous d'adopter une terminologie cohérente ?*

BOUWKAMP : Le terme fragment de racine est correct puisque le matériel de plantation est un fragment de racine et non une semence ou un tubercule. Il serait utile d'adopter une terminologie rationnelle et je proposerais fragment de racine puisque l'organe de réserves de la patate douce est une racine et non une semence ou un tubercule.

URITANI : *Pourriez-vous expliquer la différence d'effet sur la croissance et le rendement entre des fragments de racine prélevés sur l'extrémité proximale et ceux provenant de l'extrémité distale ?*

BOUWKAMP : Si la dominance proximale est forte, l'extrémité proximale reprend mieux et produit plus de rejets par emplacement que l'extrémité distale. Je n'ai pas entendu parler de résultats qui tendraient à prouver qu'il existe des différences de rendement.

RASHID : *Avez-vous tenu compte de l'effet de la température dans l'interprétation de vos résultats ?*

SAJJAPONGSE : Oui.

KAO : *En ce qui concerne vos expériences en matière d'irrigation, comment pourriez-vous expliquer la différence entre les résultats de vos essais d'automne et de printemps ? Quand avez-vous récolté pour estimer le rendement en racines ?*

SAJJAPONGSE : La différence entre les rendements en racines des essais d'automne et de printemps était due à la différence de températures et du nombre de jours jusqu'à la récolte. En automne, la température était basse et la patate douce fut récoltée à 170 jours, alors que la température au printemps était très élevée et la patate douce récoltée à 140 jours. Les projets à long terme comprendront l'étude d'un éventail très large de températures et de cycles végétatifs.

URITANI : *Vos patates douces auraient pu souffrir d'une détérioration physiologique lorsqu'elles ont été inondées. Ceci pourrait signifier que la patate douce est plutôt susceptible à une humidité du sol élevée. Est-ce effectivement le cas ?*

SAJJAPONGSE : Je ne pense pas que la patate douce soit très sensible à l'inondation. Au cours de l'irrigation, les parcelles n'ont pas été submergées. Elles étaient humides. Dans ces condi-

tions, je ne crois pas que les patates douces de nos essais aient souffert d'une quelconque détérioration physiologique.

MEYNHARDT : *Dans vos expériences, les variations entre les répétitions étaient importantes. Aviez-vous utilisé un matériel indemne de maladie et notamment de virus ?*

SAJJAPONGSE : Nous n'avons pas constaté de problèmes liés à des virus dans nos essais. Nous étions certains d'utiliser du matériel sain dans nos expériences.

WARGIONO : *Avez-vous observé une corrélation entre le rendement et les dégâts dus aux charançons ?*

SAJJAPONGSE : Nous n'avons pas procédé à ceci dans nos études.

ANONYME : *Avez-vous utilisé l'irrigation dans votre essai de compacité ? Pensez-vous que le faible rendement dans le cas d'une densité en vrac réduite soit lié à un manque d'humidité ou non ?*

SAJJAPONGSE : L'expérience sur la compacité du sol a été réalisée en pots et, pendant toute l'expérience, nous avons à peu près maintenu l'humidité du sol au niveau de capacité en champ. Il était facile de contrôler l'humidité du sol. Je ne pense pas que le rendement inférieur ait été causé par l'humidité du sol.

HAHN : *Il n'y avait aucune différence de rendement entre les expériences avec irrigation et en présence d'une forte compacité du sol. A quoi est-ce dû ? Que signifie ce fait ?*

SAJJAPONGSE : Bien qu'il n'y eut pas de différence statistique de rendement entre les traitements, du moins a-t-on pu établir une tendance indiquant l'effet de l'irrigation et de la compacité du sol sur le rendement. Le caractère non significatif était probablement dû à la grande variation entre les répétitions.

HAHN : *Quelle est la portée des études d'irrigation et de compacité du sol pour les petits planteurs de patates douces en Asie ?*

SAJJAPONGSE : Au moment de la formation des racines (30-40 JAP), l'irrigation devrait être arrêtée. La meilleure densité apparente du sol est de 1,3 à 1,5 g/cc. Ces prescriptions peuvent être observées par la plupart des agriculteurs qui espèrent un rendement élevé.

LEE : *Au moment d'irriguer, appliquiez-vous l'irrigation jusqu'à obtenir une certaine humidité du sol, ou appliquiez-vous une quantité fixée d'eau ?*

SAJJAPONGSE : C'était plus ou moins une quantité fixée d'eau. Nous remplissions le sillon de chaque côté de la plate-bande et laissions ensuite l'eau pénétrer à l'intérieur de celle-ci. Notre sol ayant une texture légère, l'eau en excès peut percoler facilement et une humidité correspondant à la capacité au champ peut être obtenue.

AGATA : *Quel est, à votre avis, le mécanisme de production élevée dans les conditions prévalant à 30-40 JAP ?*

SAJJAPONGSE : L'irrigation doit être arrêtée à 30-40 JAP, de façon à ce que davantage de photosynthétats puissent être transloqués pour former les racines tubéreuses.

WARGIONO : *Comme vous l'avez montré dans vos projections, la cueillette des feuilles augmente le rendement et la teneur en amidon. Pourriez-vous expliquer pourquoi ? Quel type de cueillette recommandez-vous ?*

BARTOLINI : La cueillette favorise le rendement et la teneur des racines en amidon parce qu'elle diminue la concurrence entre les pousses et les racines pour les photosynthétats. Les racines se

comportent comme un puits magnétique qui attire les photosynthétats vers elles plutôt que vers les pousses et les bourgeons. Limiter la croissance végétative favorise la concentration d'amidon dans les racines. Je recommande une cueillette tardive lorsque les racines sont déjà formées et développées.

URITANI : *Que convient-il de faire pour obtenir un rendement élevé, cueillir précocement ou tardivement ?*

BARTOLINI : Nos résultats montrent qu'il est possible d'obtenir des rendements plus élevés en procédant soit à une cueillette précoce, soit à une cueillette tardive c'est à dire en pratiquant de toute façon la cueillette. Cueillir précocement à environ 1½ à 2 mois et plus tard de 3 à 4 mois paraît adéquat pour assurer un rendement élevé.

ANONYME : *Comment les patates douces ont-elles été écimées ? Par exemple, quelle était la longueur des portions de tiges coupées ? On pourrait peut-être expliquer vos rendements élevés, obtenus par une cueillette à 6-8 semaines, en invoquant une modification dans la répartition des matières sèches. Toutefois, votre augmentation de rendement tard dans la saison, quand la croissance des tiges a fortement décliné serait difficile à expliquer.*

BARTOLINI : La cueillette consiste à prélever une portion apicale de 35 cm comportant environ sept feuilles. La cueillette était effectuée deux, trois, quatre fois et continuait toutes les deux semaines. La BNAS 51 est une variété de patate douce à feuillage développé. La cueillette opérée tardivement dans la saison freine sa croissance végétative. De ce fait, la plus grande partie des photosynthétats est canalisée vers les racines au lieu de l'être vers les feuilles.

VON UEXKULL : *Vos chiffres indiquent que l'incorporation de 3 tonnes de paille augmente le niveau de K à 119 kg de K_2O /ha. En supposant que la paille de riz ait une teneur de 1 % de K_2O, elle aurait apporté 30 kg de K_2O au sol. Comment expliquez-vous une si grosse augmentation du niveau de K ?*

WARGIORNO : Grâce à l'effet positif de la paille de riz qui améliore la texture du sol et le CEC, la croissance de la patate douce a été satisfaisante et a donné un bon rendement. Par conséquent, la consommation en éléments nutritifs totaux a augmenté.

CHEN : *Comme nous l'avons vu hier à Tong-Shun, lorsque le sol est humide, la récolteuse de patates douces n'arrive pas à débarrasser les racines de la terre qui y adhère. Existe-t-il un autre type de machine récolteuse qui fonctionne de façon satisfaisante en présence d'un sol humide ?*

WILSON : La récolte des patates douces est facilitée lorsque l'état du sol est relativement sec. Un sol trop sec aggrave les dégâts infligés aux racines. Des dispositifs à vibration ou à secousses placés sur la chaîne élévatrice aident à enlever la terre des racines.

VILLORENTE : *Avec le développement de la mécanisation agricole pour la culture de la patate douce à la ferme, dont vous nous avez parlé, quelle est la superficie minimum cultivée en patates douces aux USA ? A combien se monte l'investissement qu'il faut consentir pour acquérir, utiliser et entretenir les machines ?*

WILSON : Un grand nombre de champs inférieurs à un demi-hectare, cultivés aux USA, sont probablement récoltés manuellement ou à l'aide d'une simple charrue. Habituellement, 8-20 hectares sont requis pour justifier un certain niveau de mécanisation. Le coût d'un équipement simple peut aller de quelques centaines à quelques milliers de dollars. Par exemple, une machine de récolte assistée (récolteuse montée) coûte entre 500 et 1000 $. Un équipement plus sophistiqué coûtera plusieurs milliers de dollars. Les frais d'entretien sont fonction de la complexité du matériel.

WINARNO : *Quels sont les pesticides généralement utilisés pour les patates douces avant le*

triage et à quelles doses les utilisez-vous ?

WILSON : Ils sont tous recensés dans le NC Sweet Potato Production Bulletin, « Growing and Marketing of Quality Sweet Potatoes ».

URITANI : *Avez-vous constaté un problème de blessures occasionnées aux patates douces par la mécanisation ?*

WILSON : Oui, le réglage adéquat du matériel et son maniement judicieux sont essentiels pour réduire les dégâts. Le ressuyage des patates douces est important pour éviter les maladies, améliorer l'aptitude à bien se conserver et maintenir une bonne qualité. Il revêt une importance considérable pour les patates douces récoltées mécaniquement et doit être effectué aussitôt que possible après la récolte.

SELLECK : *Le travail de l'arracheuse de pommes de terre, utilisée pour l'arrachage des patates douces, serait-il facilité si les tiges étaient desséchées au moyen d'herbicides avant la récolte ? Quels sont les herbicides utilisés commercialement pour le contrôle des adventices ? Quels sont les derniers herbicides prometteurs sur le marché ?*

WILSON : Probablement non. Le fauchage des tiges et leur transport hors du champ élimine ou réduit la gêne qu'elles causent à l'arrachage. Eridé, Amiben, Dacthal et Vernam sont les produits commerciaux. Surflan est un herbicide prometteur.

TICKOO : *Quels sont les revenus économiques nets à l'hectare pour certaines des successions culturales les plus importantes ? La canne à sucre constitue-t-elle une composante économique des systèmes culturaux à Taïwan, étant donné sa longue période de croissance ?*

WAN : Si la main-d'œuvre est bon marché et abondante, comme ce fut le cas dans les années 60, la culture additionnelle des cultures multiples procure un bénéfice supplémentaire aux agriculteurs. La canne à sucre comme composante d'un système cultural est largement utilisée à Taïwan, là où l'eau est peu abondante, ce qui empêche de réaliser plus d'une culture de riz. C'est pourquoi la canne à sucre a été utilisée comme plante de rotation. Toutefois, elle n'est économique que si le prix du sucre sur le marché mondial est raisonnable, indépendamment de sa longue période de croissance.

ANONYME : *Vous avez mentionné que les superficies dévolues à la patate douce à Taïwan sont en diminution en faveur du riz. Quels sont les revenus économiques respectifs que ces deux cultures assurent aux producteurs ?*

WAN : Le riz et la patate douce assurent des bénéfices bruts de 80 000 $ NT et de 70 000 $ NT, respectivement. Toutefois, la patate douce nécessitant moins d'intrants, le revenu net des deux cultures n'est pas très différent. Le problème réside dans le fait que le gouvernement pratique un système de subventions pour le riz, mais pas pour la patate douce.

WUSTMAN : *Avez-vous observé une différence significative en ce qui concerne l'incidence du charançon, de la patate douce, lorsqu'elle est cultivée suivant différents schémas culturaux ?*

WAN : Nous n'avons pas observé que le charançon posait un problème dans les systèmes de culture intégrant la patate douce dans les rizières. Les charançons existent sur les hautes terres, mais même là, ils ne posent pas de problème grave.

ANONYME : *D'après vos diapositives, il semble que les chiffres de rendements pour les cultures intercalaires datent de 20 ans. Disposez-vous de chiffres récents émanant d'agriculteurs modernes, à Taïwan ?*

Pourriez-vous nous dire quels problèmes majeurs sont liés au système de culture intercalaire ?

WAN : La culture intercalaire est un système qui exige beaucoup de main-d'œuvre. Au début des

années 60, la main-d'œuvre était abondante et bon marché, si bien que notre principal souci était l'augmentation de la production par hectare. Mais, ces dernières années, une pénurie de main-d'œuvre est apparue. De ce fait, il n'est pas possible pour les agriculteurs de continuer à pratiquer une agriculture aussi intensive, et nous essayons d'étudier des méthodes de culture exigeant peu de main-d'œuvre.

ANONYME : *Où les agriculteurs de Taiwan trouvent-ils leurs matériels de plantation ?*

WAN : La patate douce peut être cultivée à Taiwan toute l'année, si bien que les planteurs peuvent se procurer des boutures provenant des champs cultivés. Pour les plantations d'automne, les racines sont mises en plates-bandes au printemps pour obtenir de nouveaux matériels de plantation.

WARGIONO : *Quel système de culture recommandez-vous et lequel fournira le revenu le plus élevé ?*

WAN : Cela dépend en partie de la localisation à Taiwan, où différents systèmes culturaux sont adaptés. Par exemple, un projet avec irrigation et rotation triennale a été lancé dans la région de Tainan et il prouve que l'alliance riz-canne à sucre-patate douce est la plus rentable.

ANONYME : *Quel pourcentage du total des terres cultivées est respectivement soumis à deux, trois et quatre cultures par an à Taiwan ?*

WAN : Nous ne disposons pas de ce genre de données. Toutefois, nous avons à Taiwan l'indice général de culture multiple, qui se situait aux alentours de 163 en 1979.

ANONYME : *M. Zara de l'Université des Philippines à Los Banos a souligné une différence marquée dans la réponse de la patate douce à l'ombrage des cocotiers. Vous avez montré qu'à Costa Rica, la patate douce est fortement handicapée par le maïs intercalaire. Avez-vous testé cet effet avec différentes variétés ?*

MORENO : Non, nous ne disposons pas de résultats obtenus avec différentes variétés, mais la recherche de la tolérance à l'ombrage chez les variétés de patate douce est très importante dans la mise au point de systèmes de culture multiple. Il y a une corrélation négative entre le rendement en racines de la patate douce et le rendement en grain de maïs, lorsque ces plantes sont cultivées ensemble. Avec un bon dosage, particulièrement du rapport N/K, approprié pour les deux plantes, et un meilleur arrangement des écartements entre elles, une valeur du rapport d'équivalence de surface supérieure à un peut être obtenue.

SEANCE V

L'EVOLUTION DE L'AUTOHEXAPLOIDIE DE LA PATATE DOUCE

I. NISHIYAMA
18 Hazamacho, Shugakuin, Sakyoku, Kyoto 606, Japon.

INTRODUCTION

On prétend que quelque cent espèces d'*Ipomoea* existent dans les régions tropicales et tempérées chaudes. Cependant, la taxonomie d'*Ipomoea* est toujours insuffisamment étudiée. Le genre entier est habituellement subdivisé en plusieurs sous-genres et sections. La patate douce, *I. batatas* (L) Lam et ses semblables sont inclus dans la section *batatas*. Récemment, Austin (1978) a élaboré une classification extensive de cette section, incluant 13 espèces (Tableau 1).

En vue d'étudier l'origine des plantes cultivées, il est généralement nécessaire de rassembler des informations pour savoir comment, quand et où les plantes préhistoriques cultivées apparurent pour la première fois. Nos connaissances actuelles font supposer que la plante cultivée et son ancêtre doivent avoir normalement la même constitution génomique ou presque. Dans le cas des polyploïdes, il est en outre utile de synthétiser des polyploïdes artificiels avec la même formule génomique que celle de la plante cultivée en employant ses espèces de base. Il est aussi important que l'ancêtre ressemble à la plante cultivée sous divers aspects : morphologie, physiologie, intercompatibilité, distribution géographique, vestiges de plante et autres. Naturellement, ils diffèrent pour certains caractères appartenant aux types sauvage et cultivé.

En se basant sur des études cytogénétiques, Nishiyama et ses collaborateurs (1962, 1963, 1971, 1975) ont trouvé un ancêtre sauvage, *Ipomoea trifida* (HBK) Don (6X), et ses espèces de base (2X, AX) de la patate douce, et ont discuté leurs relations dans un contexte évolutif. Le principe de l'hypothèse a été appuyé par beaucoup de chercheurs japonais qui récemment ont trouvé des formes $2X^{-}$ et $4X^{-}$ d'*I. trifida* (6X) (Muramatsu et Shiotani 1974 ; Teramura 1979 ; Kobayashi 1980 ; Kobayashi *et al.* 1980 ; Muramatsu 1980 ; Shiotani et Kawase 1980). Cependant, Jones (1967), Martin et Jones (1972), Martin *et al.* (1974) et Austin (1977, 1978) sont en désaccord avec Nishiyama et ses collaborateurs, mais ne proposent aucune autre hypothèse.

Cette communication présente une revue du développement évolutionnaire de la patate douce, communique des données nouvelles à son sujet et propose une nouvelle méthode de sélection qui utilise ses progéniteurs.

ANCETRES PROPOSES PAR LES PREMIERS CHERCHEURS JUSQU'EN 1957

Après la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb en 1492, la patate douce fut diffusée dans le Vieux Monde. On supposait généralement que la patate douce pouvait être originaire d'Amérique tropicale, bien que d'autres opinions se soient exprimées en faveur d'une origine africaine ou asiatique (de Candolle 1884). Au début du 20ème siècle, certains chercheurs ont

avancé l'idée que *I. fastiagata*, *I. pandurata* (Waite 1907), *I. tiliacea* (House 1908), *I. triloba* (Watanabe 1939, 1940) pourraient être des formes ancestrales de la patate douce, à cause de leur ressemblance morphologique. L hypothese concernant *I tiliacea* était particulièrement populaire parmi un grand nombre de botanistes. Le nombre chromosomique (2n = 90) de la patate douce fut établi pour la première fois par King et Bamford (1937) et Watanabe (1939). Des recherches cytologiques effectuées sur de nombreuses espèces *Ipomoea* furent rapportées par beaucoup de chercheurs. La plupart des espèces avaient 2n = 30, et seulement deux espèces, *I. gracilis (I. fastigiata)* et *I. tiliacea*, avaient 2n = 60 (King et Bamford 1937 ; Wolcott 1937 ; Watanabe 1939 ; Ting *et al.* 1957, Jones 1964). Différents nombres chromosomiques, 2n = 30 et 60, à la fois chez *I. ramoni* et *I. tiliacea* furent cités dans la littérature (Jones 1964). C'était probablement dû à une confusion d'ordre taxonomique. A cause de la différence de nombre chromosomique et de l'incompatibilité de croisement interspécifique, Ting *et al.* (1957) concluaient qu'aucune relation phylogénique n'existait entre *I. batatas* et les autres espèces mentionnées plus haut. L'identité de son ancêtre reste à établir.

Tableau 1. Taxonomie d'*Ipomoea* section *batatas* (d'après Austin 1978)

Espèces	Ploïdie*
1. *Ipomoea batatas* (L) Lam	6x
2. *I. cynanchifolia* Meisn	2x
3. *I. gracilis* R.Br.	4x
4. *I.* X *grandifolia* Dammer, O Donell	2x
5. *I. lacunosa* L	2x
6. *I.* X *leucantha* Jacq	2x
7. *I. littoralis* Blume	4x
8. *I. ramosissima* (Poir) Choisy	2x
9. *I. tenuissima* Choisy	2x
10. *I. tiliacea* (Willd) Choisy	4x
11. *I. trichocarpa* Ell	2x
12. *I. trifida* (HBK) G Don	2x, 4x, 6x
13. *I. triloba* L	2x

* La ploïdie spécifiquement 4x et 6x de *I. trifida* est rajoutée par l'auteur, x = 15

HYPOTHESE DE TRAVAIL SUR L'EVOLUTION DE LA PATATE DOUCE

Il est apparu clairement que seule *I. batatas* (L) Lam est distincte des autres espèces (2n = 30,60) pour le nombre de chromosomes, la comptabilité du croisement et les caracteres domestiqués, comme la production de racines comestibles. Avant d'explorer ses plantes ancestrales, nous voudrions discuter de façon hypothétique de tous les itinéraires évolutifs partant des ancêtres diploïdes et aboutissant à la patate douce hexaploïde. Les itinéraires sont indiqués sous forme de diagrammes comme étant les suivants :

Itinéraire I. Tous les ancêtres sont des plants sauvages (2X, 4X, 6X) ne produisant pas de racines comestibles. La patate douce dérive de plants sauvages hexaploïdes par mutation de gène et augmentation du dosage génétique. Ceci est appuyé par des recherches cytogénetiques sur la patate douce et sur ses proches. Les détails sont donnés plus loin.

Itinéraire II. Tous les ancêtres diploïdes et tétraploïdes sont sauvages alors que les hexaploïdes induits par doublement chromosomique de leurs hybrides triploïdes sont du type cultivé comme la patate douce.

Itinéraire III. Tous les ancêtres (2X 4X) sont du type cultivé. Donc les seuls hexaploïdes dérivés par doublement chromosomique de leurs hybrides triploïdes sont les variétés de patate douce.

Itinéraire IV. Aucune relation phylogénique ne fut trouvée entre la patate douce et les autres espèces *Ipomoea* jusqu'en 1957.

Itinéraire	Type sauvage	Type cultivé	Remarque
I	2X → 4X → 6X	→ 6X	Soutenu par Nishiyama (1962, 1971)
II	2X → 4X	→ 6X	
III		2X → 4X → 6X	Proposé par Jones (1967)
IV	2X 4X	6X	Situation jusqu'en 1957

TAXONOMIE DE *I. batatas* ET DE SES ESPECES ALLIEES

Une nouvelle forme hexaloïde, *I. trifida* (HBK) Don (lignée K123, K177), fut trouvée pour la première fois au Mexique en 1955. Il fut prouvé qu'elle était un ancêtre probable de la patate douce (Nisniyama 1963, Nishiyama et Teramura 1962). Le résultat de cette recherche suggère que ses progéniteurs diploïdes et tétraploïdes pourraient se trouver en Amérique tropicale. Depuis lors, *I. leucantha* Jacq (2X, K221) et *I. littoralis* Blume (4X, K233) furent collectés au Mexique par des botanistes japonais. Après analyse du génome, ils furent confirmés comme formes de base de *I. trifida* (6X) (Nishiyama 1971). En outre, de nouvelles formes diploïdes et tétraploïdes d'*I. trifida* (6X) furent récemment trouvées par Muramatsu et Shiotani (1974) et Kobayashi (1980) au Mexique, au Venézuéla et en Colombie. Dans sa taxonomie, Austin (1978) a également établi qu'*I. trifida* (2X) était largement distribuée en Amérique tropicale. Ainsi, il devient clair qu'*I. trifida* est un complexe d'espèces comprenant des formes 2X, 4X et 6X.

Austin (1977) a, en outre, avancé l'idée qu'*I. gracilis*, *I. littoralis* et les nouveaux tétraploïdes repérés par Martin *et al.* (1974) pourraient provenir d'hybrides entre *I. batatas* et probablement *I. trifida* (2X), parce que la morphologie des espèces tétraploïdes était intermédiaire entre ces dernières. Cela est discutable parce que la plupart des hybrides provenant d'*I. batatas* croisée avec *I. trifida* (2X) ou avec *I. leucantha* (2X) produisent des racines tubéreuses, et que leur hybridation naturelle est très difficile (Nishiyama *et al.* 1975 ; Shiotani *et al.* 1980). Cependant, le croisement est peut-être possible quand les jeunes embryons sont cultivés artificiellement. Austin (1977) suggère en plus qu'*I. leucantha* Jacq pourrait naître de l'hybridation entre *I. lacunosa* et *I. trichocarpa* pendant plusieurs centaines d'années. Ceci est difficile à justifier du point de vue de leurs liens cytogénétiques. *I. lacunosa* et *I. trichocarpa* ont toutes les deux la même formule de génome AA, et sont compatibles l'un l'autre en croisement alors que *I. leucantha* possède le génome BB, et est incompatible avec les deux premiers (Jones et Deonier 1965 ; Nishiyama 1971 ; Nishiyama *et al.* 1975).

En dehors des 13 espèces d'*Ipomoea* section *batatas*, on a découvert que *I. trifida* (2X, 4X, 6X), *I. leucantha* (2X) et *I. littoralis* (4X) étaient étroitement liées à la phylogénie d'*I. batatas* et ceci est prouvé dans les paragraphes qui suivent. Le Tableau 2 donne une liste de leur taxonomie phylogénique. Elle est partiellement révisée d'après les travaux de Nishiyama (1971), à cause de la découverte récente de formes diploïdes et tétraploïdes d'*I. trifida* (6X).

Tableau 2. Taxonomie phylogénique du groupe *Ipomoea batatas*

Ipomoea batatas (L) Lam	
var	*diploid-trifida* (HBK) Nishiyama (Nish)
f	*diploid-trifida* (HBK) Muram et Shiotex Nish (Figure 4 f *trifida* 2 x)
f	*leucantha* Nish Syn. *I. batatas* (L) Lam var *leucantha* Nish in B.M.T. 84, 385, 1971 (Figure 4 f *leucantha* 2 x)
var	*tetraploid-trifida* (HBK) Nish
f	*tetraploid-trifida* (HBK) Muram et Shiotex Nish
f	*littoralis* (Blume) Nish Syn. *I. batatas* (L) Lam var *littoralis* (Blume) Nish f c (Figure 4 f *littoralis* 4 x)
var	*hexaploid-trifida* (HBK) Nish Syn. *I. batatas* (L) Lam var *batatas* f *trifida* Nish f c (Figure 4 var *trifida* 6 x)
f	*hexaploid-trifida* (HBK) Nish Syn. *I. batatas* (L) Lam var *batatas* f *trifida* (HBK) Nish f c (Figure 4 f *trifida* 6 x)
f	*batatas* (L) Nish Syn. *I. batatas* (L) Lam var *batatas* Nish f c (Figure 4 f *batatas* 6 x) (Sweet potato)

ANALYSE DU GENOME DANS LE GROUPE *I. batatas*

En vue de comprendre une relation de génome entre *I. batatas* et ses plantes très voisines, l'appariement méiotique dans les cellules mères du pollen de leurs hybrides devraient être observé. Un nombre variable d'univalents, de bivalents et de multivalents est habituellement observé chez la plupart des hybrides. Toutefois, la Figure 1 n'indique qu'un nombre moyen de bivalents à la première métaphase pour chaque hybride où un trivalent, un quadrivalent incluant un pentavalent et un hexavalent sont traités comme un, deux et trois bivalents, respectivement.

Tous les hybrides hexaploïdes entre la patate douce (6X), *trifida* (6X) et *trifida* (3X)-6X, montraient 45 II ou environ 45 II ; naturellement, des appariements complexes se produisent souvent. Le *trifida* (3X)-6X fut obtenu dans la descendance de *trifida* triploïde, probablement un hybride naturel entre *trifida* (2X) et *trifida* (4X), collecté au Mexique. Il est certain que ces hexaploïdes ont la même formule de génome.

Chez un hybride pentaploïde, *I. batatas* (6X) X *littoralis* (4X) environ 30 II ont habituellement été trouvés. Donc, les deux parents peuvent avoir deux génomes en commun.

Chez un hybride triploïde, la formation de 16 II laisse entendre que les deux parents *leucantha* et *littoralis* ont un génome commun.

Il est très intéressant qu'un hybride tétraploïde, *trifida* (3X)-6X croisé avec *leucantha* (2X), montre environ 30 II, à la place des 15 II attendus. Ceci suggère que 15 chromosomes de *trifida* (3X)-6X s'apparient avec ceux de *leucantha* et les 30 chromosomes restant du premier à partir des 15 II. En examinant avec soin le comportement des chromosomes montré à la Figure 1, on peut conclure que le groupe *I. batatas* est autoploïde dérivé de la duplication des génomes BB de *trifida* (2X) ou de *leucantha*. L'origine alloploïde de la patate douce, avancée précédemment par certains auteurs (Ting et Kehr 1955 ; Sharm et Datta 1958 ; Yen 1974) devrait être rejetée.

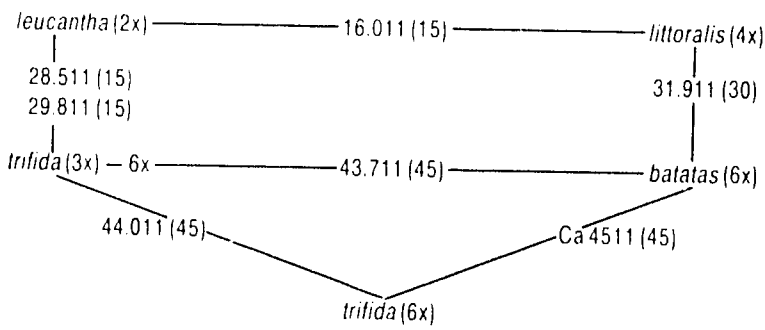


Figure 1. Nombre moyen de bivalents chez les hybrides entre *I. batatas* et ses plantes très voisines. Les chiffres entre parenthèses indiquent les nombres de bivalents attendus, formés par allosyndèse (d'après Nishiyama 1971).

CARACTERISTIQUES COMMUNES D'*I. batatas* ET DE SES ESPECES VOISINES

Au cours des observations morphologiques, il est souvent difficile de distinguer les membres du groupe *I. batatas* des autres espèces appartenant à la section *batatas* d'*Ipomoea* (Martin et Jones 1972 ; Martin *et al.* 1974). Cependant, la distinction peut être faite avec succès, du point de vue de l'analyse du génome et de la comptabilité sexuelle. La Figure 2 indique les caractéristiques comparatives du groupe d'*I. batatas* et des autres espèces qui étaient autrefois supposées être des progéniteurs ou des espèces voisines de la patate douce

Ces plantes ont été réparties pour plus de commodité entre les groupes A—, B— et X—. Dans le groupe A— sont inclues *I. triloba* et les espèces voisines *Lacunosa, trichocaroa* et *ramoni*. Jones et Deonier (1965) ont signalé qu'elles étaient autocompatibles et compatibles l'une l'autre, et qu'elles avaient toutes la même formule de génome AA. Le groupe B— est le groupe d'*I. batatas*, contenant les autoploïdes (2X, 4X, 6X) par doublement du génome B. Elles sont toutes auto-incompatibles mais compatibles entre elles Deux tétraploïdes bien connus, *I. tiliacea* et *I. gracilis*, du groupe X— sont auto-incompatibles mais se croisent l'un l'autre. La constitution de leur génome n'a pas encore été étudiée. Le groupe B— ne se croise pas avec les groupes A— et X—, alors que le groupe A— se croise avec le groupe X— quand ce dernier est le parent donneur de pollen.

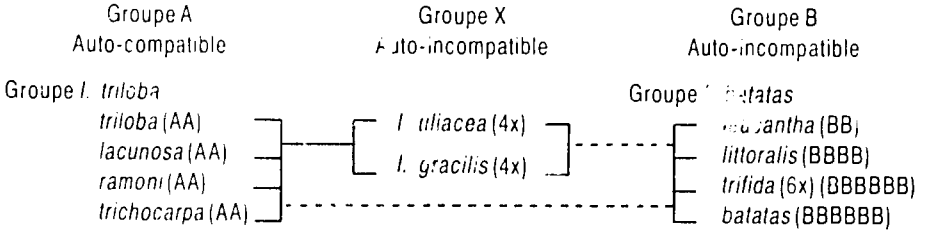


Figure 2. Relations de compatibilité sexuelle chez *Ipomoea batatas* section *batatas*.
Légende compatible incompatible.

POLYPLOIDES ARTIFICIELS

Beaucoup de tétra— et d'hexaploïdes furent produits artificiellement à partir des formes de base dans les groupes A— et B—. Ils étaient fertiles quoiqu'habituellement à un degré moindre que les formes d'origine (Sakamoto 1970). Le comportement des chromosomes à la méiose était presque normal, excepté pour des multivalents et univalents occasionnels (Shiotani *et al.* 1970). Les polyploïdes artificiels du groupe B— était facilement croisés l'un l'autre, et aussi avec la patate douce et *trifida* (6X), alors que les polyploïdes analogues du groupe A— étaient toujours incompatibles avec ceux du groupe B— (Figure 3).

Les hexaploïdes artificiels provenant de *littoralis* (4X) X *leucantha* (2X), ou *trifida* (3X) étaient tout à fait similaires au *trifida* (6X) naturel pour presque toutes les caractéristiques. Cependant, il faut souligner que l'hexaploïde *leucantha* montrait une diminution marquée de vigueur, et qu'il était parfois déformé et hautement stérile. Il était difficile de l'hybrider avec la patate douce. Etant donné que l'autotétraploïde *leucantha* est d'un type très développé et modérément fertile, l'inhibition de la croissance pourrait être due à un effet délétère d'autoploïde élevée, induit par le doublement d'un isogénome de *leucantha*. Ces faits suggèrent avec force que les génomes de *leucantha* et de *littoralis* se sont différenciés dans une certaine mesure de l'un et de l'autre. Toutefois, ils

devaient être hautement homologues puisqu'ils n'ont pas perturbé la fertilité des se[illegible] ou l'appariement méiotique régulier des chromosomes dans certaines situations hybrides.

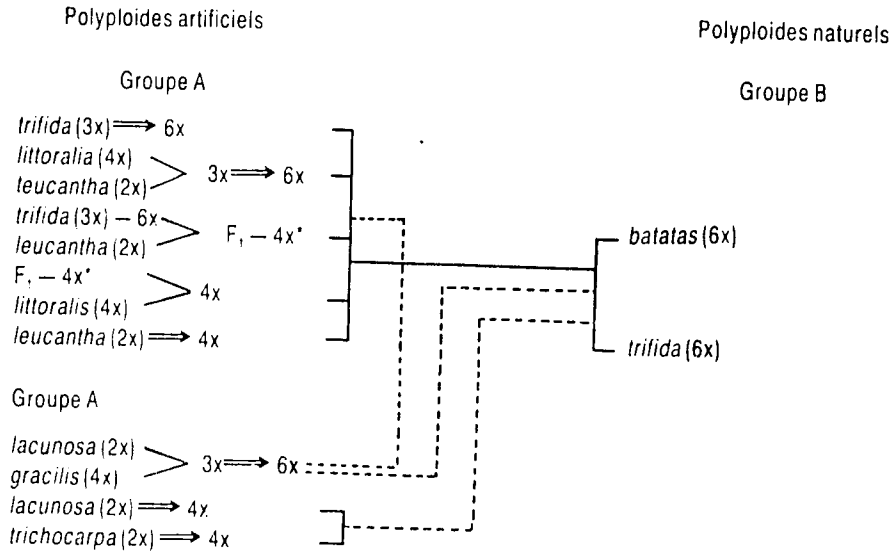


Figure 3. Polyploides artificiels des groupes A— et B— et leurs relations de compatibilité en croisement
Légende : ..... compatible ; ..... incompatible (d'après Nishiyama *et al.* 1975).

PHYLOGENIE DE LA PATATE DOUCE

Les résultats de recherche exposés ci-dessus suggèrent fortement que la patate douce est apparue selon l'itinéraire I des hypothèses de travail. La Figure 4 présente en plus une illustration schématique de l'origine de la patate douce. Celle-ci peut avoir pris naissance suivant deux schémas d'évolution : (1) l'existence de *trifida* (6X) par duplication d'une simple garniture chromosomique B à partir de *trifida* (2X) ou de son espèce voisine *leucantha*, et (2) domestication des caractéristiques de type sauvage de *trifida* (6X) en caractéristiques de type cultivé. IL est intéressant de noter que les autohexaploïdes naturels étaient libres de tout effet délétère d'autoploïde élevée. Il semble probable qu'une harmonie ait été acquise par différenciation génétique ou hétérozygotie des hexaploïdes ou de leurs progéniteurs diploïdes et tétraploïdes. Les croisements peuvent l'accélérer.

Des espèces voisines diploïdes et tétraploïdes formant des racines tubéreuses n'ont pas encore été trouvées. Chez les hexaploïdes, cependant, il existe deux types avec et sans racines tubéreuses. La formation de racines comestibles est l'un des caractères les plus importants de la patate douce. Mais il est bien connu que les variétés de patates douces produisent occasionnellement quelques plants qui ne forment jamais de racines tubéreuses (Tioutine 1935 ; Miyake et Matsunaga 1939 ; Jones 1967) C'est probablement parce que la patate douce est toujours hétérozygote pour la formation de racines tubéreuses. Si les taxa ancestraux diploïdes et tétraploïdes étaient tubéreux, la patate douce devrait être homosygote. Les racines tubéreuses semblent être apparues chez *trifida* (6X) par des mutations successives de nombreux gènes.

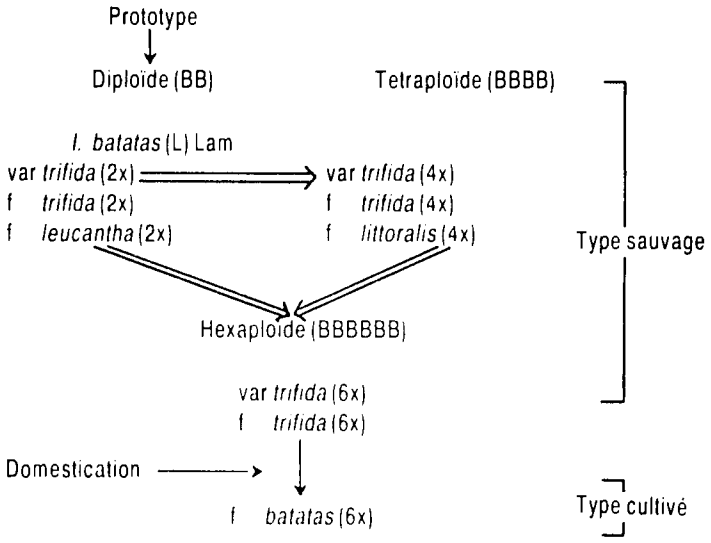


Figure 4. Illustration schématique d'une série de cas d'évolution de la patate douce. Les doubles lignes indiquent le doublement du nombre chromosomique (X = 15)

L'hérédité des autohexaploïdes est généralement sous la dépendance d'un assortiment au hasard de six chromosomes homologues ou de leurs chromatides accompagné de crossing-over entre les kinétochores et les loci de gènes. Chez la patate douce ou chez *trifida* (6X), toutefois, certains chromosomes peuvent ne pas permettre un mélange libre, parce qu'ils semblent s'être différenciés à un certain degré. Ils peuvent être encore favorables à l'accumulation des gènes, six doses étant possibles au maximum, au lieu de deux doses chez les diploïdes correspondants. L'expression phénotypique peut être modifiée en raison de différents taux de dose. La fréquence de six doses de récessifs ou de dominants est extrêmement basse chez les autohexaploïdes (Tableau 3). Par conséquent, certains clones de patate douce ou de nombreux plants ont été trouvés, qui montrent une variation du caractère formation des racines, ou qui montrent certains caractères primitifs tels que des tiges volubiles ou une pubescence sur certains organes de la plante. Des disjonctions occasionnelles de patate douce de type sauvage peuvent être distinguées pratiquement de la *trifida* (6X) typique, quoique à peine dans les cas extrêmes. Les disjonctions de type sauvage sont des pseudo-*trifida* (6X) et peuvent être dénommées « trifidoïdes ».

Tableau 3. Rapports de disjonction des homozygotes récessifs chez les autopolyploïdes, calculés à partir de l'assortiment des chromosomes au hasard

Autopolyploïdes	Génotype	Homo récé	autres	Génotype	Homo récé	autres
2x	R^1r^1	1	3	$R^1r^1T^1t^1Y^1y^1$	1	63
4x	R^1r^1	0	4	$R^1r^1T^1t^1Y^1y^1$	0	64
	R^1r^2	1	35	$R^1r^2T^1t^2Y^1y^2$	1	46,656
	R^1r^1	1	3	$R^1r^1T^1t^1Y^1y^1$	1	63
6x	R^1r^1	0	4	$R^1r^1T^1t^1Y^1y^1$	0	64
	R^1r^2	0	25	$R^1r^2T^1t^2Y^1y^2$	0	15,625
	R^1r^1	1	399	$R^1r^1T^1t^1Y^1y^1$	1	63,999,999
	R^2r^4	1	24	$R^2r^4T^2t^4Y^2y^4$	1	15,624
	R^1r^1	1	3	$R^1r^1T^1t^1Y^1y^1$	1	63

ORIGINE DE LA PATATE DOUCE ET SES REGIONS NATALES

Comme il a été établi plus haut, les patates douces semblent provenir de *trifida* (6X) par différenciation génique, particulièrement en ce qui concerne la formation de racines tubéreuses. Avant de traiter du mécanisme génétique de grossissement des racines, je me référerai brièvement aux différences histologiques entre les racines tubéreuses et non tubéreuses. Nishimura *et al.* (1980) rendent compte de leur différences histologiques de la manière suivante :

I. **Racines tubéreuses de la patate douce** : (1) Non lignification des cellules parenchymateuses et des vaisseaux dans le xylème primaire. (2) formation du cambium vasculaire primaire qui produit vigoureusement le xylème secondaire. (3) initiation du développement secondaire et tertiaire des deux xylèmes.

II. **Racines non tubéreuses ou quelque peu épaissies de *trifida*** (6X) : (1) Lignification d'une grande partie du parenchyme, et des vaisseaux du xylème primaire. (2) le cambium vasculaire primaire et le xylème secondaire étaient très mal formés. (3) les deux xylèmes montraient un peu ou pas de développement secondaire ou tertiaire. Donc, la structure anatomique ressemble plutôt à celle des racines ordinaires. En résumé, les différenciations particulières de la structure du tissu des racines tubéreuses semblent être contrôlées par certains allèles.

Nous n'avons que peu, voire aucune connaissance du mode d'hérédité des racines comestibles. J'ai, à titre d'essai, attribué trois différentes paires d'allèles, R-r, T-t et Y-y, à la formation des racines. En termes d'interaction de R, T et Y, ils contrôlent finalement les racines non tubéreuses, et, de façon analogue, r, t et y, contrôlent les racines comestibles. A l'origine, R, T et Y peuvent muter en r, t et y, respectivement, chez différents individus de *trifida* (6X) à génotype $R^1T^1Y^1$. Sa constitution hybride peut présenter le grand avantage que tous les gènes mutants sont rassemblés dans un seul individu, par exemple de génotype $R^5r^1T^5t^1Y^5y^1$. La situation en termes de génotype de sa descendance est extrêmement compliquée, comme on peut le voir au Tableau 3, dans lequel le calcul est fait uniquement par l'assortiment des chromosomes au hasard dans les autoploïdes. Nous supposons maintenant arbitrairement que la dose est fixée pour chaque gène dominant 2-0 : gène récessif 4-6, tel que les génotypes $R^{0-2}r^{4-6}T^{0-2}t^{4-6}Y^{0-2}y^{4-6}r^{0-2}t^{0-2}y^{0-2}$ produisent des racines comestibles. Par conséquent, *trifida* (6X) dont les racines ne sont pas tubéreuses, pourrait posséder un grand nombre de génotypes variés de $R^1T^1Y^1$ à $R^1r^3T^1t^3Y^1y^3$. Ils peuvent montrer des variés d'épaisseur des racines non tubéreuses. Quoiqu'il en soit, certains d'entre eux son capables de se disjoindre et de donner une descendance formant des racines comestibles, mais les autres non.

En se basant sur une théorie linguistique, on a avancé l'idée que la patate douce avait été tranférée du Nouveau vers le Vieux Monde, et en particulier dans le Pacifique, suivant trois lignes de dispersion (Barrau 1957). Yen (1974) a revisé l'hypothèse de Barrau à l'aide de ses données sur la variabilité de la patate douce.

1. La ligne : Kamote : Mexique — Micronésie — Iles Philippines — Chine — Japon.

2. La ligne : Batata : Iles Caraïbes — Europe — Afrique — Inde — Indonésie (Timor) — Nouvelle Guinée — Mélanésie (Nouvelle Bretagne, Iles Salomon — Nouvelles Hébrides — Nouvelle Caledonie — Iles Fidji).

3. La ligne : Kumara : Pérou — Equateur — Colombie — Polynésie (Marquises, Iles de Pâques, Iles Société, Hawaï, Iles Cook, Tonga, Samoa Occidentale) — Nouvelle Zélande.

Récemment Kobayashi *et al.* (1974) ont établi que la patate douce et *trifida* (6X) avaient en commun sept groupes d'incompatibilité croisée, A, B, C, E, F, G, H. En outre, Nakanishi et

Kobayashi (1978)ont provisoirement identifié 15 groupes d'incompatibilité croisée A-L et N-P, chez environ 700 cultivars de patates douces, comprenant la collection de Yen (1974) qui provient d'Amérique, d'Asie, et des îles du Pacifique. Le groupe d'incompatibilité B enregistrait la distribution la plus grande dans presque toutes les régions suivant les trois lignes de dispersion, suivi dans l'ordre par A, C, E, H et D. Il est à noter que le groupe A était habituellement trouvé partout sur la ligne Kamote (Mexique, Philippines, Chine, Japon), et la ligne batatas (Amérique, Timor, Nouvelle Guinée, Iles Salomon, Nouvelles Hébrides, Nouvelle Calédonie). Cependant, sur la ligne Kumara, sur 66 cultivars du Pérou, de Colombie et de l'Equateur et sur 55 cultivars de Polynésie, aucun n'appartenait au groupe A. Seuls deux cultivars de l'Ile de Pâques et des Samoa occidentales appartenaient au groupe A. L'origine de ces deux cultivars est inconnue. Le cultivar des Samoa occidentales est plutôt indicatif d'une dérivation à partir de variétés mélanésiennes et polynésiennes, et Yen (1974) a supposé qu'il y avait contact entre elles. D'après les preuves de nature géographique on peut admettre que la patate douce du groupe A est apparue au Mexique et celle du groupe B au Mexique et au Pérou ou à proximité. Les cultivars appartenant aux groupes J, K, O et P semblent natifs du Pérou, de Colombie et de l'Equateur bien que certains d'entre eux aient été trouvés sur l'Ile de Pâques.

En résumé, on peut conclure d'une façon générale et après les différentes pièces à conviction discutées plus haut, que la patate douce a une origine polyphylétique en Amérique tropicale, au Mexique et de la Colombie au Pérou.

UNE NOUVELLE METHODE DE SELECTION DE LA PATATE DOUCE EN UTILISANT SES ANCETRES

Certaines espèces voisines peuvent être utilisées pour l'amélioration de la patate douce au moyen des méthodes classiques de croisement. Compte tenu de l'énorme complexité de l'hérédité hexasomique, toutefois, il est évident que nous devons, soit cultiver de très grandes populations d'auto-hexaploïdes, soit imaginer un processus graduel pour obtenir les plants avec les caractères recherchés (voir Tableau 3). Je souhaite proposer une méthode de sélection nouvelle pour la patate douce. Le protocole en est résumé ci-dessous :

(1) Transformation de la patate douce (6X) en ses formes 2X— ou 4X—.

(2) Sélection des formes de patate douce 2X— ou 4X— comme stocks génétiques, avec recombinaison des gènes majeurs pour les caractères désirés qui sont trouvés chez la patate douce (6X) ou chez ses ancêtres.

(3) Synthèse artificielle de la patate douce (6X) à partir de patates douces désirables 2X— et 4X—, avec comme résultat une patate douce brute (6X) possédant les génotypes attendus.

(4) Les clones de patate douce (6X) brute synthétisés peuvent présenter certains défauts mineurs qui doivent être corrigés par une sélection ultérieure visant à recombiner les gènes utiles ou à accroître leur vigueur.

A titre d'exemple, la procédure d'obtention de patates douces 2X— et 4X— est esquissée ci-dessous.

I. Induction des formes 2X— ou 4X— à partir de la patate douce (6X).

A. Diploïde relatif (*trifida*, 2x) BtBt	X	Patate douce (6x) BBBBBB
	F_1 hybride BBBBt	(Culture artificielle d'embryons hybrides)
	F_2 BtBBBBBt	(BBt est un génome qui mélange les chromosomes B et Bt)
	Fx BBBB	(Patate douce, 4x)
B. Patate douce (4x) BBBB	X	Diploïde relatif (*trifida*, 2x) BtBt
	F_1 hybride BBBt	
	F_2 BB + Bt	(Chromosomes externes)
	Fx BB	(Patate douce, 2 x)
C. Patate douce (2x) BB	X	Patate douce (6x) BBBBBB
	F_1 hybride BBBB (patate douce, 4x)	(Culture artificielle d'embryons hybrides)

II. La culture d'anthères semble être une technique importante pour obtenir les formes 2X— et 3X— à partir des grains de pollen de patates douces 4X— et 6X—, respectivement.

REMERCIEMENTS

Je désire exprimer ma sincère gratitude au Dr. M. Hiroe pour son aimable assistance sur la taxonomie du groupe *I. batatas*.

BIBLIOGRAPHIE

AUSTIN, D. F. 1977. Hybrid polyploids in *Ipomoea* section *batatas* (Convolvulaceae). J. hered. 68 : 259-260.

AUSTIN, D. F. 1978. The *Ipomoea batatas* complex. I. Taxonomy. Bull. Torrey Bot. Club. 105 : 114-129.

BARRAU, J. 1957. Les aracées tubercules alimentaires des îles du Pacifique Sud, J. d'Agr. Trop. Bot. Appl. 1-2 : 34-53.

DE CANDOLLE, M. A. 1884. Géographile botanique. Paris.

HOUSE, H. D. 1908. The North American species in the genus *Ipomoea*. Ann. N. Y. Acad. Sci. 18 : 181-263.

JONES, A. 1964. Chromosome numbers in the genus *Ipomoea*. J. Heredity 54 : 216-219.

JONES, A. 1967. Should Nishiyama's K125 (*Ipomoea trifida*) be designated *I. batatas*? Econ. Bot. 21 : 163-166.

JONES, A. and M. I. DEONIER. 1965. Interspecific crosses among *Ipomoea lacunosa*, *I. ramoni*, *I. trichocarpa* and *I. triloba*. Bot. Gaz. 126 : 226-232.

KING, T. R. and R. BAMFORD. 1937. The chromosome number in *Ipomoea* and related genera. J. Hered. 28 : 278-282.

KOBAYASHI, M. 1980. Geographic origin and varietal differentiation of the sweet potato, *Ipomoea batatas* (L.) Lam. (in Japanese). Japan J. Breeding 30, Supp. 2 : 302-305.

KOBAYASHI, M., T. YUNOUE, T. MIYAZAKI and T. NAKANISHI. 1974. (Interspecific hybridizations in *Ipomoea batatas* and its relatives) (in Japanese). Ann. Rep. Kyushu Agric. Exp. Stat. Ibusuki. 1974 : 94-97.

KOBAYASHI, M., K. KOMAI and H. MURATA. 1980. A wild species of section *batatas* genus *Ipomoea* collected in Venezuela (in Japanese). Japan J. Breeding 30, Supp. 2 : 114-115.

MARTIN, F. W. and A. JONES. 1972. The species of *Ipomoea* closely related to the sweet potato. Econ. Bot. 20 : 201-215.

MARTIN, F. W., A. JONES and RUTH M. RUBERTE. 1974. A wild *Ipomoea* species closely related to the sweet potato. Econ. Bot. 28 : 287-292.

MIYAKE, M. and T. MATSUNAGA. 1939. (A new project of the sweet potato breeding) (in Japanese). Agric. and Hort. 14 : 1205-1213.

MURAMATSU, M. and I. SHIOTANI. 1974. Closely related wild *Ipomoea* species of the sweet potato in Mexico and Guatemala. *In* M. Tanaka (ed.) A preliminary report of the Kyoto University Scientific Expedition to the Latin America, 1972-1974. 1 : 9-30.

MURAMATSU, M. 1980. Main taxonomical characters in the close relatives of sweet potato, *Ipomoea batatas*, and their hybrid lines (in Japanese). Japan J. Breeding 30, Supp. 2 : 221-222.

NAKANISHI, T. and M. KOBAYASHI. 1976. Geographical distribution in cross-incompatibility groups of sweet potato (in Japanese). Japan J. Breeding 28, Supp. 2 : 262-263.

NISHIMURA, E., M. MATSUBAYASHI and I. NISHIYAMA. 1980. Characteristics of the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) and its progenitor (*I. trifida* (HBK) G. Don), with special reference to histological difference of thickening of roots (in Japanese with English summary). Sci. Rep. Fac. Agr. Kobe Univ. 14 : 15-23.

NISHIYAMA, I. 1963. The origin of the sweet potato plant. 10th Pacific Sci. Cong., Honolulu, Hawaii, Aug. 21-Sept. 6, 1961. *In* J. Barrau (ed.) The Symposium, Plants and the migrations of Pacific peoples. 1963 : 111-128.

NISHIYAMA, I. 1971. Evolution and domestication of the sweet potato. Bot. Mag. Tokyo 84 : 377-387.

NISHIYAMA, I. and T. TERAMURA. 1962. Mexican wild form of sweet potato. Econ. Bot. 16 : 304-314.

NISHIYAMA, I., T. MIYAZAKI and S. SAKAMOTO. 1975. Evolutionary autoploidy in the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) and its progenitors. Euphytica 24 : 197-208.

SAKAMOTO, S. 1970. Utilization of related species on breeding of sweet potato in Japan ; Japan Agric. Res. Quarterly 5 : 1-4.

SHARMA, A. K. and P. C. DATTA. 1958. Cytological investigations on the genus *Ipomoea* and its importance in the study of phylogeny. Nucleus, Calcutta 1 : 89-122.

SHIOTANI, I., I. NISHIGUCHI and S. MITSUISHI. 1970. Cytogenetic studies of basic genomes for producing sweet potato (in Japanese). *In* T. Kawase. (ed). Studies on the artificial synthesis of sweet potato plants. 36-68. Tsu, Mie Prefecture. Univ. Mie.

SHIOTANI, I., A. ARAKI and T. KAGAMI. 1980. Yield of the 4x and 5x hybrids between the wild diploid and sweet potato (in Japanese). Japan J. Breeding 30, Supp. 2 : 116-117.

SHIOTANI, I. and T. KAWASE. 1980. Origin and differentiation of the sweet potato — Genome structure and domestication (in Japanese). Japan J. Breeding 30, Supp. 2 : 306-309.

TERAMURA, T. 1979. Phylogenetic study of *Ipomoea* species in the section *Batatas*. Mem. Coll. Agric., Kyoto Univ. 114 : 29-48.

TING, Y. C. and A. E. KEHR. 1955. Meiotic studies in the sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam). J. Hered. 44 : 207-211.

TING, Y. C., A. E. KEHR and J. C. MILLER. 1957. A cytological study of the sweet potato plant *Ipomoea batatas* (L) Lam and its related species. Amer. Nat. 91 : 197-203.

WAIFE, M. B. 1907. Sweet potato. *In* L. H. BAILEY. (ed). Encyclopedia of American Agriculture.

WATANABE, K. 1939. Die Chromosomenzahl der Suss-Kartoffel (*Ipomoea batatas*) und der mit ihr verwandten Pflanzen welche in Japan wildwachsend oder kultiviert sind. *In* Proc. Crop. Sci. Soc. Japan 11 : 124-134.

WATANABE, K. 1940. Verwandtschaftliche Beziehung zwischen den Suss-Kartoffel (*Ipomoea batatas* Lam) und den Japanischen Convolvulaceen. *In* Proc. Crop Sci. Soc. Japan 11 : 475-489.

WOLCOTT, C. B. 1937. Chromosome numbers in the Convolvulaceae. Amer. Nat. 71 : 190-192.

YEN, D. E. 1974. The sweet potato and Oceania. Bernice P. Bishop Museum Bull. 236 : 189 pp.

L'ANALYSE DE L'INCOMPATIBILITE ET DE LA STERILITE CHEZ LA PATATE DOUCE

F. W. MARTIN
Institut d'Agriculture Tropicale de Mayaguez, Mayaguez, Porto Rico 00708

INTRODUCTION

Les détails du mécanisme de reproduction d'une espèce donnée sont d'une importance capitale pour le scientifique agronome, et notamment pour le sélectionneur de plantes qui doit en tenir compte pour améliorer la plante ou créer des variétés meilleures. A cet égard, la patate douce est une espèce inhabituelle, répartie sous les tropiques et dans une partie de la zone tempérée, et en expansion dans plusieurs endroits importants, et cependant toujours peu connue en ce qui concerne les problèmes posés par sa reproduction. Je suis persuadé, cependant, que le plus gros du travail de recherche, nécessaire à la compréhension de la nature reproductive de la patate douce, a été accompli.

Certains faits concernant le système de procréation de la patate douce sont clairs. La patate douce est un hexaploïde, et il est hautement probable qu'elle est un auto-hexaploïde. Elle présente avec beaucoup d'espèces primitives du genre *Ipomoea* et la famille des convolvulaceae, le caractère commun d'auto-incompatibilité. Ce système physiologique favorise fortement les croisements. La pollinisation croisée est assurée par des insectes, principalement par des abeilles.

Outre ces faits relativement simples, il faut ajouter l'observation courante que, même dans le cas de pollinisations croisées, très peu de semences sont produites. Les sélectionneurs ont eu à effectuer de fastidieuses pollinisations manuelles pour réaliser les croisements spécifiques nécessaires à l'obtention des variétés améliorées actuellement disponibles. Mais pourquoi est-ce si difficile d'obtenir des graines ?

Si l'on examine la garniture des capsules ou les graines après pollinisation dans un grand nombre de combinaisons de croisement, le genre de résultats suivants est obtenu (Tableau 1). Les

Tableau 1. Répartition des résultats pour les gousses et les graines issues d'un grand nombre de fécondations croisées de patates douces

Taux de réussite	Nombre de pollinisations croisées	
	de gousses	de graines
0	38	40
1- 6	20	35
7- 12	19	11
13- 18	13	10
19- 24	5	7
25- 30	6	6
31- 36	5	10
37- 42	6	3
43- 48	5	4
49- 54	5	3
55- 60	5	4
61- 66	5	2
67- 72	1	1
73-100	7	3

courbes sont apparemment similaires par les deux séries de résultats. Le mode est zéro dans les deux cas, et dans la majorité des croisements, très peu de capsules et très peu de graines sont obtenues (Martin 1965). Il est rare de trouver une paire de plants de patate douce qui puissent être déclarés totalement interfertiles.

Il est maintenant clairement établi que cette particularité est causée par deux phénomènes, l'auto-incompatibilité et la stérilité. Ces processus sont complètement distincts, et ils doivent être étudiés séparément.

L'AUTO-INCOMPATIBILITE CHEZ LA PATATE DOUCE

Analyse chez une espèce diploïde

L'analyse de l'incompatibilité chez *Ipomoea* nécessite l'utilisation d'une espèce diploïde dégagée des stérilités de la patate douce. Dans une étude sur l'incompatibilité dans la famille des Convolvulaceae, huit espèces de cette sorte ont été repérées (Martin 1970). Une de ces espèces, *I. setifera* Poir, a été choisie pour une analyse détaillée (Martin 1968).

Ipomoea setifera est une espèce sauvage pérenne grimpante ou rampante qui fleurit uniquement pendant les jours courts à Mayaguez, Porto Rico. Les graines ont été collectées dans de cinq localités très éloignées à l'ouest de Porto-Rico, et cultivées en pleine terre. Comme études préliminaires, nous avons observé le mode de comportement de pollen en fécondations compatibles et incompatibles, testé la pollinisation du bourgeon floral en vue d'éviter l'auto-incompatibilité et examiné les résultats de plusieurs centaines de paires de croisements réciproques. La compatibilité était déterminée en fonction de deux critères : succès ou échec de la germination du pollen sur le style, et succès ou échec de la formation de la garniture et la capsule après pollinisation contrôlée.

Le nombre de groupes d'incompatibilité et leurs relations de croisement furent déterminées par deux criblages. Dans le premier, 21 plants de la région de Mayaguez furent croisées suivant le plus de combinaisons possibles, et leur fructification fut observée. Dans le second criblage, cinq groupes de plantes provenant de zones géographiques distinctes furent testées pour leur groupe d'incompatibilité. En premier lieu, nous avons déterminé les relations dans les croisements d'un petit nombre de plants, nous avons ensuite croisé de façon réciproque un ou deux plants de chaque groupe d'incompatibilité avec des plants non classés, de façon à déterminer leurs rapports. De nouveaux testeurs étaient ajoutés au fur et à mesure que de nouveaux groupes se dessinaient.

L'inspection des stigmates pollinisés a révélé trois types de comportement. Dans les croisements incompatibles aucun grain de pollen n'a germé. Dans les croisements compatibles, tous les grains de pollen (ou presque tous) ont germé. Dans certains croisements, une partie du pollen a germé, l'autre pas. Cette incompatibilité partielle était difficile à distinguer de l'incompatibilité totale parce que les stigmates préparés pour l'inspection subissant un traitement assez brutal, beaucoup de grains de pollen non germés étaient enlevés. Le nombre de grains de pollen était habituellement de 10 à 25 pour les croisements fertiles ou partiellement incompatibles, et suffisait à fertiliser la totalité des quatre ovules d'une fleur normale. Chez les deux espèces, l'échec dans la formation des graines était associé à un échec total dans la germination du pollen, et ce, dans les centaines de cas étudiés. L'inhibition de la germination du pollen chez cette espèce est donc la base physiologique de l'incompatibilité.

Auto et allo-incompatibilités n'étaient pas évitées par la pollinisation de bourgeons floraux effectuée dans plus de 150 combinaisons testées et observées pour la germination du pollen ou la

formation des graines.

Après que les résultats d'environ 300 pollinisations croisées aient été mis sur graphique au moyen des nombres de grains obtenus par pollinisation, nous avons obtenu une courbe bimodale correspondant à l'incompatibilité et à la compatibilité totale ou partielle.

Les croisements réciproques entre deux individus étaient tous les deux fertiles ou tous les deux incompatibles, ou l'un était compatible et l'autre incompatible.

L'étude de l'aptitude au croisement entre des plants provenant de cinq populations géographiquement distinctes a abouti à dix groupes d'incompatibilité. Dans chaque groupe, les membres étaient intra-incompatibles. Certains des combinaisons de croisement inter-groupe étaient fertiles, et certaines ne l'étaient pas.

L'analyse du système d'auto-incompatibilité fut alors réalisée. Des plants florifères des trois groupes d'incompatibilité les plus répandus (A, B et C) furent choisis et hybridés dans des conditions d'isolement. Les descendances furent classées pour leur incompatibilité par croisements entre « sœurs et frères », et avec les parents. Sur la base de ces résultats, de nouveaux parents furent choisis, et une autre génération de descendances fut criblée.

La descendance des croisements entre les groupes A, B et C étaient de quatre sortes. Ces quatre sortes correspondaient aux groupes A, B, C et H de la population originelle. Chaque famille consistait en deux ou quatre groupes. Deux groupes dans chaque famille étaient toujours des types parentaux, et chacun se croisait réciproquement avec l'un des parents mais pas avec l'autre. D'un autre côté, les croisements entre les groupes A et B produisaient également des individus réciproquement fertiles avec les deux parents (groupe C), et réciproquement incompatibles avec eux deux (groupe H). Certaines familles contenaient aussi quelques plantes femelles stériles, aisément classées sur la base de leur comportement mâles.

Le nouveau type de plante produit par les familles A et B fut croisé réciproquement avec un plant du groupe C, le seul des quatre groupes avec lequel il était fertile. Dans chacune des deux familles réciproques produites, deux groupes de descendance furent produites. Ces groupes n'étaient pas semblables aux parents mais avaient un comportement identique à celui des groupes A et B.

Un modèle adapté (Figure 1) peut être construit pour expliquer les résultats des croisements entre les groupes A, B, C et H. Ce modèle dépend de l'hypothèse qu'une série d'allèles multiple contrôle les groupes d'incompatibilité d'*Ipomoea setifera*. Ces allèles agissent sur le sporophyte pour déterminer le phénotype du pollen. Ainsi, tous les grains de pollen réagissent de la même façon. Les allèles peuvent avoir des effets indépendants sur le phénotype de l'incompatibilité, ou l'un peut dominer l'autre dans le stigmate et le pollen. Suivant la convention, les allèles ont été

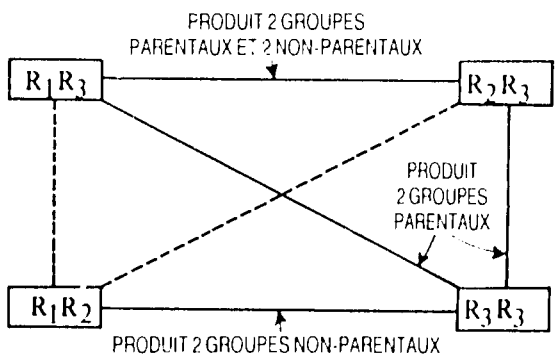


Figure 1. Schéma de croisements entre 4 groupes d'*Ipomoea setifera* et génotypes proposés.

numérotés R1, R2 et R3. R1 et R2 agissent tous les deux indépendamment et sont dominants dans le stigmate et le style sur R3. Ce modèle est conforme au type d'incompatibilité décrite précédemment chez *Cosmos bipinnatus* Cav et chez *Raphanus* (Sampson 1964).

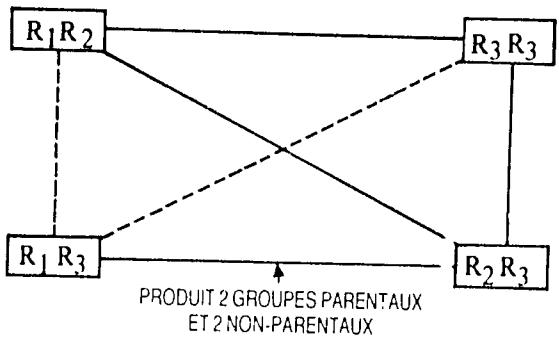


Figure 2. Schéma de croisements mis au point par Van Schreven (1953) chez la patate douce.

Ainsi, le système d'auto-incompatibilité de la famille des Convolvulaceae apparait maintenant comme étant du type multi-allélique, sporphytique, trouvé chez les familles des Compositeae et des Cruciferaeae. C'est le seul système existant capable d'expliquer les résultats de cette étude. Les caractéristiques communes à ce système et au système trouvé chez *I. setifera* comprennent:

Plus de deux groupes d'incompatibilité
Incompatibilité unilatérale entre certains groupes
Incompatibilité entre certains parentés et leur descendance
Deux ou quatre groupes d'incompatibilité dans une famille
L'existence de groupes parentaux dans certaines familles

INTERPRETATION DE L'AUTO-INCOMPATIBILITE DE LA PATATE DOUCE

Etant donné que la patate douce est un hexaploïde, le locus de l'incompatibilité doit avoir été doublé ou même triplé, au cours de son évolution. La question est de savoir si le modèle d'auto-incompatibilité trouvé chez *Ipomoea setifera*, double ou triplé dans un hexaploïde qui montre un appariement bivalent, peut expliquer le mode de croisement complexe décrit précédemment chez la patate douce.

Le schéma des croisements entre quatre groupes d'*Ipomoea setifera*, analysé en détail dans cette étude, est exactement conforme au schéma des croisements entre les groupes d'incompatibilité trouvé par Van Schreven (1953) dans ses croisements de patates douces. Toutefois, la similitude des schémas doit être considérée comme une coïncidence, car le modèle des rapports entre les classes d'*I. setifera* n'explique pas le cas Van Schreven. En établissant une série différente de suppositions concernant les génotypes et les rapports de dominance des allèles d'incompatibilité, les résultats de Van Schreven peuvent toutefois être conciliés avec l'hypothèse du contrôle sporophytique multi-allélique (Figure 2).

On suppose que R1 est dominant par rapport à R2 ; R2 est supposé être dominant par rapport à R3 ; mais R1 et R3 sont supposés agir indépendamment. Les relations de dominance sont supposées être les mêmes dans le stigmate et dans le pollen.

Contrairement aux résultats de Van Schreven, les relations de croisement que Fujise (1964) avait établi chez la patate douce ne peuvent être conciliées avec l'hypothèse du locus unique, sporophytique multi-allélique. Ses trois groupes (A, B et C) intra-incompatibles, inter-compatibles, produisent la descendance suivante quand ils sont croisés : A × B ou B × A donnaient des types A, B et C ; B × C ou C × B produisaient seulement des types B et C. De plus, après auto-pollinisation, les variétés A pseudo compatibles produisaient des types A et B et les variétés B produisaient des types B et C. Plus de deux loci (ou gènes) seraient nécessaires pour produire trois groupes d'incompatibilité semblables, indépendamment du plan suivi.

Un modèle simple à deux loci, expliquant les résultats de Fujise, est présenté au Tableau 2. Etant donné que l'appariement de bivalents est la règle chez la patate douce, les deux loci se voient attribuer des lettres de désignation séparées. Mais les interrelations entre loci (relations d'épistasie) sont supposées être comparables aux interrelations entre alleles à un locus (relations de dominance). Le modèle suppose que R1 est dominant sur R2, et épistatique à S1 et S2 ; et que S1 est dominant sur S2. S1 et S2 sont tous les deux épistatiques à R2.

Ainsi, le modèle sporphytique multi-allélique, à deux loci, peut expliquer les résultats de Fujise. De plus, il peut être étendu et comprendre de nouveaux groupes quand ils sont identifiés et circonscrits de façon adéquate. Le modèle ne contredit pas celui proposé sur la base des résultats obtenus par Van Schreven, vu que dans des croisements particuliers, soit l'un soit les deux loci peuvent être opérants.

Tableau 2. Un modèle à deux loci, multi-allélique, sporophytique, pour expliquer les schémas de croisements de la patate douce obtenus par Fujise (1964)

Variété	Génotype	Phénotype	Phénotypes de la descendance après autofécondation
A	$R_1R_2S_1S_2$	R_1	$R_1S_1S_2$
B	$R_1R_2S_1S_2$	S_1	S_1S_2
C	$R_1R_2S_1S_2$	C	S_2

Compte tenu que les similitudes entre variétés, mesurées par les coefficients de corrélation, sont distribuées presque normalement, les classifications pour l'incompatibilité chez la patate douce doivent être faites et interprétées avec précaution. Il n'en reste pas moins que la base génétique et le contrôle de l'auto-incompatibilité chez la patate douce sont sans nul doute du type sporaphytique multi-allélique.

ANALYSE DE LA STERILITE DE LA PATATE DOUCE

La stérilité de la patate douce résulte d'une série de phénomènes qui réduisent la fertilité et même dans le cas de croisements complètement compatibles. L'analyse de la stérilité consiste à identifier les processus de reproduction qui sont affectés, le degré d'endommagement de ceux-ci, et à expliquer les causes de l'endommagement.

Processus de reproduction affectés par la stérilité

Les défaillances des processus de reproduction qui ont été décelés chez la patate douce sont décrits au Tableau 3. Certaines d'entre elles sont très communes et faciles à déceler. D'autres sont moins courantes ou sont rares, et la possibilité de les détecter et de juger de leur fréquence est variable. Les entraves à la grenaison de la patate douce situées après la pollinisation ont été

décrites avec soin par Martin et Cabanillas (1966) et deux catégories de barrières peuvent être décrites. Les premières concernent les barrières qui, tout en permettant au pollen de germer, empêchent la fertilisation.

Tableau 3. Les défaillances décelables dans les processus reproductifs chez la patate douce

Défaillance	Méthode de détection	Estimation de l'ampleur des dommages
Au stade de la pré-pollinisation		
Gamètes mâles anormales	Pas de production de pollen	Rare
Gamètes femelles anormales	Examen au microscope	Très rare
Au stade de la pollinisation		
Une partie du pollen ne germe pas	Comptage du pollen sur chaque stigmate	Très commun
Le stigmate ne stimule pas la germination	Tout le pollen n'arrive pas à germer sur tous les stigmates d'une seule femelle	Rare, mais pas inconnu
Au stade de la post-pollinisation		
Les tubes polliniques ne passent pas du stigmate au style	Examen microscopique	Commun, 30-95 %
Les tubes polliniques ne passent pas à travers le style entier	Examen microscopique	Commun, 10-20 %
Les tubes polliniques n'arrivent pas à fertiliser	Examen microscopique et comptage des grains et de leur taille	Commun, 10-60 %
Les ovules se développent en ébauches	Observations et comptages	Très commun, 75 %
Les grains ne forment pas d'endosperme normal	Observations et comptages	Très commun, 25-50 %
Les grains ne germent pas	Observations et comptages	Commun, 10-25 %
Les plantules ne se développent pas	Observations et comptages	Non commun, 1 %
Les plantules sont faibles et meurent	Observations et comptages	Non commun, 2-3 %
Les plantes adultes ne fleurissent pas	Observations	Rare

Chez les deux croisements choisis, un grand nombre de grains de pollen, entre 15 et 20, germaient sur le stigmate (Tableau 4). Cependant, une fraction des tubes seulement passait du stigmate dans le style.

Chez le deuxième croisement pour lequel on avait compté les tubes polliniques en section transversale, environ 5 % des tubes passaient du stigmate au style. Le nombre de tubes aperçus dans les diverses parties des styles ne variait pas de façon appréciable (Tableau 4). Pour le premier croisement, environ 33 % des tubes passaient du stygmate au style. A nouveau le nombre de tubes dans différentes régions du style ne changeait pas. Chez les deux croisements, le nombre moyen de tubes polliniques pénétrant la partie inférieure du style était d'environ six fois le nombre moyen de graines formées par pollinisation. Donc, beaucoup de grains de pollen qui germent ne fécondent pas les ovules.

La deuxième catégorie de barrière a pour résultat la faiblesse ou la mort de l'embryon après la fertilisation (Tableau 5). Ceci peut survenir à n'importe quel stade du processus de développement de l'embryon ou de l'endosperme et a pour résultat de produire des ébauches avortées, des graines petites et mal formées, des graines vides, des graines qui ne germent pas, des plantules qui meurent prématurément et ainsi de suite.

Chez les fleurs de patate douce non pollinisées ou pollinisées avec incompatibilité, les ovules augmentent légèrement de taille en cours de la période de trois à quatre jours pendant laquelle la fleur reste sur la plante. Toutefois, quelques jours après l'anthèse, les ovaires des fleurs pollinisées avec compatibilité commencent à grossir. La plupart de ces jeunes fruits se développent jusqu'à maturité. Pendant le processus de développement, tous les ovules grossissent ensemble jusqu'au 3ème jour environ. Ensuite, un ou deux ovules présumés fécondés augmentent rapidement en taille, tandis que la croissance des autres est arrêtée. La dissection de ces ovules précocement

Tableau 4. Croissance du tube pollinique et garniture de la capsule dans deux croisements de patate douce

Clones	Pollinisations effectuées	Nombre moyen de tubes polliniques				Pourcentage de remplissage de la capsule	Nbre de grains par pollinisation
		Stigmate	Style supérieur	Style moyen	Style inférieur		
69 - 94	42	19.6	6.1	5.7	5.0	42.8	0.86
101 - 85	94	10.1	0.9	0.7	0.6	6.4	0.10

avortés révèle une morphologie apparemment normale et une certaine différenciation en ce qui concerne la forme, mais aucun développement multicellulaire. Tandis que les bonnes graines continuent à se développer, les ovules avortés ont tendance à être comprimés sur un côté du fruit, et risquent de dégénérer. Quand la gousse sèche, la graine mûre se rétrécit jusqu'à un diamètre de 3-5 mm, la moitié de la taille qu'elle avait à l'état vert. Les ovules avortés se dessèchent jusqu'à des proportions insignifiantes de 0,5-1,5 mm de long. A l'intérieur de 130 capsules, on a trouvé 329 ébauches et 191 grains reconnaissables. Bien que les graines puissent différer par leur taille (Tableau 5), les deux catégories, les ébauches (représentant vraisemblablement des ovules non fécondés) et les graines, ne se chevauchent pas du point de vue de la distribution en poids et en taille. Les ébauches, évidemment, ne germent pas, alors que les graines de grande taille germent plus facilement que les graines plus petites (Tableau 5). Les graines plus petites et plus faibles représentent 50 % du nombre total testé.

Tableau 5. Répartition des tailles des semences à maturité et des ovules avortés, chez la patate douce, en fonction de la germination

Poids de la graine (0,0 [illegible])	Nombre d'exemplaires	Pourcentage de germination
0.0- 0.5	329	0.0
1.1- 1.5	15	0.0
1.6- 3.0	17	0.0
3.1- 7.0	12	0.0
7.1-11.0	17	11.7
11.1-15.0	34	29.6
15.1-19.0	35	68.6
19.1-23.0	40	97.5
23.1-27.0	16	100.0
27.1-31.0	5	100.0

Donc la stérilité peut survenir à de nombreux stades du processus de développement, à la fois avant et après la pollinisation.

Les causes de la stérilité

Actuellement, il est impossible d'établir les causes de la stérilité chez la patate douce. Etant donné que la stérilité peut se produire à des stades aussi nombreux, et s'exprimer de si nombreuses façons, il est très probable qu'un seul processus en est responsable : la polyploïdie. La stérilité est suffisamment répandue chez les polyploïdes, et est causée par deux phénomènes, des anomalies de la méiose, responsables des défauts majeurs dans la complémentation génétique, et la disjonction et la recombinaison qui conduisent à ce qui est appelé la distribution déséquilibrée des gènes. Cela signifie qu'une certaine proportion de gamètes et d'embryons reçoivent une combinaison défavorable de gènes qui ne réussit pas à fonctionner de façon adéquate dans certaines circonstances.

Il est fort probable que la sélection de plants, provenant de croisements contrôlés avec soin, pour l'obtention de nouveaux recombinants désirables utilisables comme variétés, maintiennent souvent des combinaisons de gènes déséquilibrées.

D'un autre côté, la pollinisation libre, pratiquée depuis plusieurs générations entre les variétés, devrait favoriser les plants fertiles plutôt que les plants stériles, de même que ceux qui tendent à fleurir librement. Martin et Jones (1971) ont montré que la floraison augmentait d'environ 300 % en six générations de croisements en pollinisation libre, ce qui avait pour résultat la production à un degré extrême de plants fleurissant prématurément, autrement dit ceux qui fleurissent au premier nœud (Martin 1973). Toutefois, la pollinisation libre n'induit aucune augmentation que ce soit d'auto-fertilité ou de compatibilité croisée, malgré la forte sélection naturelle imposée par la pollinisation libre. De ce fait, il semble que la stérilité ou l'auto-incompatibilité puissent être influencées par des pressions de sélection.

CONCLUSIONS

La majeure partie de la recherche dont il a été question ici est vieille de dix années ou plus. Dispersée dans des journaux variés, elle est souvent inconnue des sélectionneurs de plantes. Les conclusions de cette recherche, qui n'ont pas jusqu'à présent été modifiées par des études ultérieures, sont que la mauvaise reproduction de la patate douce est due à un système d'auto-incompatibilité double ou triple du type sporophytique multi-allèles ainsi qu'à la stérilité exprimée à de nombreux stades, elle-même due à un déséquilibre génétique accompagnant l'hexaploïdie. Alors que la floraison peut être augmentée par une sélection massale en pollinisation libre, l'incompatibilité et la stérilité n'en sont pas affectées. De ce fait, la sélection de la patate douce restera vraisemblablement une tâche difficile. Les populations en pollinisation libre, et la sélection massale récurrente, suivies d'un criblage judicieux pour repérer de nouvelles variétés, sont probablement les meilleures techniques que le sélectionneur puisse utiliser.

BIBLIOGRAPHIE

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.

MARTIN, F. W. 1965. Incompatibility in the sweet potato, a review. Econ. Bot. 19 : 406-415.

MARTIN, F. W., and E. CABANILLAS. 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. 1970. Self- and interspecific incompatibility in the Convolvulaceae. Bot. Gaz. 131 : 139-144.

MARTIN, F. W., and A. JONES. 1971. Flowering and fertility changes in six generations of open-pollinated sweet potatoes. Amer. J. Hort. Sci. 96 : 493-495.

MARTIN, F. W. 1973. Premature flowering of the sweet potato. J. Hered. 64 : 368-369.

SAMPSON, D. R. 1964. A one-locus self-incompatibility system in *Raphanus raphanistrum*. Can. J. Genet. Cytol. 6 : 435-445.

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.

L'EVOLUTION DE LA PATATE DOUCE EN AFRIQUE DU SUD

J. T. MEYNHARDT et T. G. JOUBERT
Institut de Recherche en Horticulture, Private Bag X293
Pretoria 0001, République d'Afrique du Sud

INTRODUCTION

La patate douce *(Ipomoea batatas)* fut introduite en Afrique du Sud peu de temps après que les Hollandais aient colonisé le Cap en 1652. D'après les archives disponibles, ces introductions furent réalisées à partir du Brésil.

Quelques variétés traditionnelles naquirent de ces introductions par sélection de types locaux. Parmi elles, il y a Borrie, qui a une peau blanche et une chair blanche à jaunâtre. Après cuisson, elle a un goût un peu sec mais sucré. Une autre variété ancienne digne d'être mentionnée est celle qui est appelé « Six Months White ». Cette variété a un cycle végétatif long et sa peau et sa chair sont de couleur blanche. Elle a un goût extrêmement sec quand elle est cuite, ce qui lui a valu le nom de patate douce « Choack » dans certaines parties de la population.

Au cours de l'année 1951, T. G. Joubert (Anon 1954), sélectionneur à cet Institut, avait introduit quelques variétés des Etats-Unis d'Amérique et également certaines lignées sélectionnées de la Station d'Agriculture Expérimentale de Louisiane aux USA. Elles comprenaient la variété Porto-Rico et la lignée sélectionnée L-240 (également connue sous le nom de Early Port). Des semences de la L-240 furent plantées et produisirent deux lignées sélectionnées prometteuses, 4-95 et 4-126. De nouvelles introductions de semences furent faites de la Station Expérimentale d'Edisto, de Caroline du Sud, USA. Quatre lignées sélectionnées prometteuses en furent tirées. C'était les lignées 6-27, 7-3, 7-42 et 7-59.

Les variétés et les lignées sélectionnées mentionnées ci-dessus furent utilisées dans un programme de sélection dont le but était d'obtenir des variétés adaptées pour l'Afrique du Sud. Les objectifs de ce programme étaient d'obtenir une productivité plus élevée, des variétés à peau douce et uniforme résistantes aux maladies et aux méthodes (spécialement *Meloidogyne* spp). On espérait aussi améliorer la qualité organoleptique et nutritionnelle, de même que l'aptitude au stockage post-récolte. Des efforts furent consentis plus tard pour améliorer le contenu en amidon en vue des utilisations industrielles.

METHODE

En Afrique du Sud, le procédé utilisé habituellement pour la multiplication de la patate douce consiste à conserver les racines ressuyées tout l'hiver et à les planter en pépinière au début du printemps. Des boutures de rejets de ces racines constituent le matériel de plantation au début de l'été. Ces boutures de 15 à 20 cm de long sont plantées en lignes sur des billons à raison de 25-30 000 boutures/ha. L'irrigation est habituellement utilisée pour stimuler la reprise des boutures. Une irrigation complémentaire est appliquée dans beaucoup d'endroits si elle s'avère

nécessaire, bien que dans certaines régions de la zone subtropicale, cette culture soit conduite sans complément d'irrigation. Une fertilisation est généralement appliquée en fonction des analyses de sol. Dans certaines zones, une application de bore est également effectuée, juste après la plantation. L'utilisation d'un matériel de plantation indemne de maladie, fourni par des pépiniéristes spécialisés, fait partie de la phase production de cette plante en Afrique du Sud. Le matériel indemne de maladie est normalement élimine du cycle productif la troisième année, après avoir été obtenu du stock central du Département de l'Agriculture.

Dans le programme de sélection de la patate douce de l'Institut de Recherche en Horticulture, les méthodes classiques d'hybridation, parfois suivies de croisements de retour et de croisements consanguins, ont été utilisées, suivies de la sélection des meilleures lignées obtenues.

RESULTATS

Création de nouvelles variétés

D'après le Rapport d'Avancement des Recherches sur l'Amélioration de la Patate Douce de l'Institut de Recherche en Horticulture (Anon 1979), les références des variétés vulgarisées sont les suivantes :

1. **Mafutha** : sélection (numéro 4-95) issue des semences de L-240 provenant de la Station Expérimentale d'Agriculture de Louisiane. Diffusée comme variété nouvelle en 1959.
2. **Impala (57-2)** : issue du croisement $\frac{7-3 \cdot 7-42}{4-126}$ et diffusée en 1962.
3. **Wildebeest (55-17-1)** : issue du croisement 7 – 42 · 4 – 126, diffusée en 1962.
4. **Griqua (6-27)** : sélectionnée à partir d'une introduction de semences de la Station Expérimentale d'Edisto aux E.U.
5. **Eland (56-27-1)** : Issue du croisement 7 – 59 · 4 – 126 et diffusée en 1965.
6. **Hartebeest (61-7-1)** : issue du croisement $\frac{7-42 \cdot (L\,240 \cdot \text{Six Months White})}{7-59 \cdot 4-126}$ et diffusée en 1965.
7. **Kudu (61-8-4)** : issue du croisement 6 – 27 · 55 – 17 – 1 et diffusée en 1965.
8. **Brondal (58-1-3)** : issue du croisement $\frac{7-42 \cdot (L\,240 \cdot \text{Six Months White})}{7-59 \cdot 4-126}$ et diffusée en 1970.
9. **Ribbok (73-1-75)** : issue des graines de la variété Impala (57 – 2) en pollinisation libre, et diffusée en 1978.

Description des variétés

Le Tableau 1 présente quelques résultats comparatifs de huit variétés bien connues et populaires en Afrique du Sud, cultivées dans une parcelle expérimentale, à proximité de Pretoria. D'après ces chiffres, il est clair que Mafutha, Eland, Griqua, Brondal et Ribbok produisent les plus grosses racines. Toutefois, Impala, dont les racines sont plus petites, mais plus uniformes, est habituellement plus recherchée sur le marché et se vend à de très bons prix. Impala est très appréciée par les producteurs de la zone à cause de son rendement s'élevant à 72,8 t/ha. Ce

rendement est proche de 67,7 t/ha de Ribbok. Le rendement de Brondal et de Kudu les rend attractives aux yeux des planteurs. C'est tout particulièrement vrai pour Brondal qui donne un excellent produit désydraté, ce qui en fait une varieté appréciée pour le traitement industriel. Kudu, par ailleurs, présente de très bonnes qualités à la cuisson.

Tableau 1. Données comparées pour certaines variétés de patates douces cultivées à l'Institut de Recherche en Horticulture près de Pretoria

Variete	Couleur de la peau	Poids moyen de la racine g	Rendem moyen t/ha	Resistance à[z]		Poids en frais des hydrates de carbone g/100	Carotène mg/100 g en poids en frais	Protéine g/100 g en poids en frais	Couleur de la chair
				Meloidogyne spp	la pourriture				
Mafutna	Rose	480	35.7	VS	MS	28.2	0.65	1.6	Blanc Jaune pâle
Impala	Rouge	262	72.8	R	VS	21.3	0.67	1.2	Orange
Elanc	Gris jaune	424	45.4	R	MS	23.1	0.15	1.1	Orange
Griqua	Rose pâle	460	35.2	MS	MS	—	—	—	Jaune pâle
Six Months white	Blanc	325	20.2	R	R	36.3	0.01	3.3	Blanc
Kudu	Gris jaune	397	5[illegible]	MS	R	20.9	0.18	1.1	Jaune pâle
Brondal	Rouge pâle	482	56.9	MS	MS	29.8	Traces	1.0	Jaune pâle
Ribbok	Rose	510	67.7	R	VS	24.8	0.05	0.9	Jaune pâle

[z] Résistant
Modérement susceptible
Très susceptible

La teneur plutôt élevée en hydrates de carbone de Six Months White en fait une lignée sélectionnée très attractive qui combine une haute teneur en hydrates de carbone à un rendement satisfaisant. Cette variété est également une lignée sélectionnée potentielle pour une augmentation de la teneur en protéine.

Rendement comparatif de certaines variétés en différents endroits d'Afrique de Sud

Les résultats du Tableau 2 donnent les rendements comparatifs de variétés Impala, Brondal, Kudu et Ribbok en différents endroits d'Afrique du Sud. Il s'agit notamment de l'Institut de Recherche en Horticulture, à Pretoria, qui est situé à une altitude d'environ 1175 m au-dessus du niveau de la mer. La température mensuelle pendant la saison culturale est de 19°6 C et la pluviométrie d'environ 93 mm. L'irrigation complémentaire est nécessaire pendant les périodes sèches. Le site de Addo est situé dans le Cap oriental à une altitude d'environ 50 m au-dessus du niveau de la mer. La température mensuelle moyenne pendant la saison culturale est de 21,2° C et la pluviométrie de 38,8 mm. L'irrigation est d'une nécessité absolue dans cette zone. Le troisième site est à Nelspruit, dans la zone subtropicale du Transvaal à une altitude de 369 m au-dessus du niveau de la mer. La température moyenne mensuelle est de 22,7° C pendant la saison culturale, et la pluviométrie d'environ 108 mm. L'irrigation n'y est nécessaire que durant les périodes sèches.

D'après les résultats du Tableau 2, il est clair que la variété Impala est la variété la plus productive à Pretoria et à Nelspruit mais le producteur le plus pauvre à Addo, dans le Cap oriental. Par ailleurs, Brondal et Kudu donnent d'excellentes récoltes à Addo, avec en tête de liste la variété Brondal et son rendement de 93 t/ha. Ribbok et Brondal donnent également toutes deux de très bons rendements à Prétoria et à Nelspruit, respectivement.

Tableau 2. Rendement comparatif des quatre variétés de patate douce en essais expérimentaux réalisés en trois endroits d'Afrique du Sud

Variété	Pretoria (t/ha)	Nelspruit (t/ha)	Addo (t/ha)
Impala	73	72	25
Brondal	57	70	93
Kudu	55	55	75
Ribbok	68	40	50

Comparaison des rendements les plus élevés, en station expérimentale et en exploitation

Les résultats du Tableau 3 donnent une indication au sujet des rendements expérimentaux maximum obtenus à la Ferme expérimentale de l'Institut de Recherche en Horticulture de Nelspruit pour les variétés Impala, Brondal et Ribbok. Il donne aussi le rendement moyen en exploitation de ces variétés dans la zone subtropicale, et les rendements maximum en exploitation, obtenus dans la même zone. Il faut aussi souligner que la superficie de certaines des exploitations auxquelles ces résultats sont applicables était d'environ 25 hectares par variété.

D'après ces résultats, il est clair que les rendements moyens obtenus en essais et chez les agriculteurs, dans la zone subtropicale, diffèrent fortement des rendements élevés obtenus certaines années. Ces différences doivent être uniquement attribuées aux conditions climatiques, dont le manque de pluies certaines années, et parfois aussi les précipitations trop élevées, surtout juste avant la récolte, sont les facteurs principaux. Il est cependant tout aussi évident que certains, parmi les meilleurs agriculteurs des zones plus sèches, où l'irrigation doit être appliquée régulièrement, obtiennent habituellement des rendements élevés. Certains d'entre eux obtiennent des rendements constants de 70-80 t/ha.

Tableau 3. Rendements comparatifs les plus hauts, en essai et sur exploitation, à Nelspruit

Variété	Zone subtropicale, ferme expérimentale de Nelspruit		Exploitations agricoles	
	Rendement moyen[Z] (t/ha)	Rendement maximum[Z] (t/ha)	Rendement moyen[Y] (t/ha)	Rendement maximum[Y] (t/ha)
Impala	43	72	35	70
Brondal	45	70	34	75
Ribbok	35	50	32	80

[Z] Période de 5 ans
[Y] Données fournies par les exploitants

Effet de l'utilisation d'un matériel de plantation indemne de maladie

D'après les résultats du Tableau 4, il est clair que l'utilisation d'un matériel de plantation indemne de maladie a une influence considérable sur le rendement des variétés de patate douce. Par exemple, le rendement de la Impala chutait de 25 t/ha lorsque du matériel de plantation âgé de trois ans était utilisé, comparé au matériel de plantation qui réagissait négativement à l'infection virale lors du test. Pour la variété Brondal, la diminution correspondante de rendement sur la même période était de 11 t/ha. Ces résultats montrent que l'application d'un plan organisationnel, grâce auquel les planteurs sont régulièrement approvisionnés en matériel de plantation indemne de maladie, est essentiel pour maintenir une production d'un niveau élevé en Afrique du Sud.

Tableau 4. L'influence de matériels de plantation indemnes de maladie sur le rendement de la patate douce

Variété	Matériel de plantation indemne de maladie (t/ha)	Matériel de plantation âgé de 3 ans (t/ha)
Impala	80	55
Brondal	51	40

DISCUSSION

D'après les résultats présentés ci-dessus, il est clair que les sélectionneurs de plantes d'Afrique du Sud ont réussi à sélectionner des variétés de patate douce adaptées aux conditions locales et donnant de très bons rendements dans certaines régions. Les variétés qui ont aussi été sélectionnées sur la base de la qualité alimentaire donnent satisfaction pour le moment. Toutefois, certains objectifs n'ont pas encore été atteints, comme la résistance aux maladies, et notamment la tolérance ou la résistance aux maladies virales. La recherche de variétés ayant de meilleures qualités de déshydratation ou destinées à des fins industrielles en est toujours à ses débuts. L'amélioration du maintien de la qualité mérite aussi que l'on s'y intéresse.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYMOUS. (unpublished). 1954. Sweet potato breeding progress report. Horticultural Research Institute. Pretoria, South Africa.

ANONYMOUS. (unpublished). 1979. Sweet potato breeding progress report. Horticultural Research Institute. Pretoria, South Africa.

Application d'azote aux lignes de patates douces sélectionnées.

LE COMPORTEMENT DU MATERIEL GENETIQUE EXOTIQUE DE PATATE DOUCE AU BANGLADESH

M. M. RASHID, A. A. MAZUMDAR et S. MOLLA
Institut de Recherche Agronomique du Bangladesh, Joydebpur, Dacca, Bangladesh.

INTRODUCTION

Parmi les cultures vivrières du Bangladesh, la patate douce est la neuvième en superficie et la quatrième pour la production. En 1979-80, elle couvrait 72 256 hectares et la production était de 0,77 million de tonnes. Cependant, l'importance réelle de la culture réside dans le fait qu'elle convient idéalement aux petits agriculteurs et aux agriculteurs marginaux, étant donné qu'elle peut être produite avec très peu d'intrants. La patate douce est essentiellement utilisée comme aliment d'appoint, mais en raison de son prix intéressant comparé à celui des céréales, les populations consomment, à certains endroits, les racines comme nourriture de base pendant la saison de pleine récolte.

La patate douce fut introduite dans la région qui constitue maintenant le Bangladesh pendant la deuxième moitié du xixe siècle, mais son système de production est resté longtemps loin de tout contact avec la technologie moderne. Le rendement moyen de la culture est resté à 10,4 t/ha seulement. Les méthodes de production primitives et le potentiel productif peu élevé des cultivars indigènes ont été identifiés comme constituant les deux causes majeures de ce rendement inférieur. Tous les cultivars connus au Bangladesh ont une chair blanche. Les fermiers stockent les racines dans leur maison pendant des périodes de deux à quatre mois et ce procédé provoque beaucoup de déchets. Pour lutter contre cet état de choses, un programme de recherche pour l'amélioration de cette culture à tous les points de vue a été initié. L'objectif majeur de ce programme est la mise au point de cultivars très productifs, résistant aux insectes et riches en carotène, d'un bon goût et d'une bonne aptitude au stockage. Une partie des progrès accomplis dans ce sens sont traités dans cette communication.

MATERIELS ET METHODES

La recherche sur la patate douce au Bangladesh fut lancée en 1976. L'amélioration des cultivars constituait une priorité du programme. Etant donné le temps qu'auraient exigé la collecte et l'évaluation du matériel génétique indigène, on décida de se procurer les cultivars standards et les lignées sélectionnées à l'étranger et de tester leur adaptabilité et leur productivité. Dès 1979, 46 génotypes avaient été collectés. Parmi ceux-ci, 12 provenaient de l'IITA, six du AVRDC, neuf des Philippines, cinq du Japon, quatre des USA, un du Sri Lanka et 19 autres de sources inconnues ou non mentionnées. Les noms, les origines et les caractères importants des cultivars sont donnés au Tableau 1. Trois des cultivars des USA, notamment USA-1, USA-2 et BAU-2 sont des sélections issues de lignées multipliées par semis et en pollinisation libre. A l'exception des cultivars en provenance de l'IITA, les tiges des autres génotypes furent collectées. Deux cultivars locaux furent introduits comme témoins. Six cultivars, comprenant cinq cultivars du AVRDC, ont été perdus et ne sont donc pas mentionnés ici.

Les cultivars furent soumis à un essai avec répétition durant la saison d'hiver de 1979-80 en deux endroits, Joydebpur et Mymensingh. Le premier est situé près de la capitale Dacca et le second à 120 km vers le nord-est. Aux deux endroits, le sol est latéritique (pH 5,5) et limono-sableaux alluvial (pH 6,6) respectivement. La température et la pluviométrie pendant la saison culturale sont données ci-dessous.

	Joydebpur Température de l'air (°C)		Précipitations (cm)	Mymensingh Température de l'air (°C)		Précipitations (cm)
	Maximum	Minimum		Maximum	Minimum	
Novembre	30.1	20.1	8.3	30.4	20.3	0.7
Décembre	26.1	13.7	0.0	26.2	14.5	4.5
Janvier	25.1	11.6	0.8	24.9	10.7	0.2
Février	26.9	13.7	0.4	27.0	13.7	2.6
Mars	31.7	19.6	2.9	32.8	18.6	3.3
Avril	35.0	24.3	11.0	35.9	21.6	18.4

Tableau 1. Détails au sujet de l'origine et des principales caractéristiques des cultivars de patate douce

Nom du cultivar	Origine[2]	Nombre de racines par emplacement	Poids moyen de la racine (g)	Couleur de la chair
AIS 209-3	AVRDC	4.8	133.5	Orange
TIS 2328	IITA	5.7	138.6	Crème
TIS 2330	IITA	4.1	121.6	Blanc
TIS 2498	IITA	4.0	100.0	Blanc
TIS 2532	IITA	5.1	129.7	Crème
TIS 3017	IITA	5.2	91.6	Crème
TIS 3030	IITA	4.0	169.5	Crème
TIS 3032	IITA	5.9	125.1	Blanc
TIS 3055	IITA	3.8	151.8	Blanc
TIS 3247	IITA	6.0	146.4	Jaune
TIS 5016	IITA	4.4	141.0	Crème
TIS 5081	IITA	6.0	116.7	Crème
TIB 8	IITA	4.3	144.6	Crème
Gokomachan	Japan	4.4	75.9	Blanc
Okinawa	Japan	4.3	93.4	Blanc
Kokeia	Japan	5.5	191.3	Crème
Norin	Japan	4.4	171.6	Crème
Norin S	Japan	3.3	157.3	Blanc
DAJA	Philippines	5.1	138.8	Crème
Gyy	Philippines	5.3	120.2	Blanc
HDK 12	Philippines	5.3	105.4	Crème
Old Yellow	Philippines	3.4	186.0	Blanc
Red Tuber Tail	Philippines	4.9	182.8	Crème
Tainan 15	Taiwan	6.1	143.2	Crème
Tainung New 10	Taiwan	6.0	129.4	Blanc
Tinitining	Philippines	5.9	188.6	Crème
BNAS 51	Philippines	3.5	159.5	Crème
Waniyapola	Sri Lanka	4.6	137.7	Blanc
Pelican Processor	USA	4.7	80.3	Blanc
USA 1	USA	5.5	174.4	Crème
USA 2	USA	4.6	84.7	Blanc
BAU 2	USA	4.4	156.1	Orange
RS N° 1	Inconnue	5.1	163.0	Crème
RS N° 4	Inconnue	6.3	153.5	Crème
Mount Diamond 1	Inconnue	5.5	126.0	Blanc
Mount Diamond 3	Inconnue	3.8	202.2	Blanc
Mount Diamond 4	Inconnue	4.3	168.0	Blanc
Julian	USA	4.9	202.2	Blanc
Jewel	USA	7.2	89.3	Crème
Local White	Bangladesh	3.7	166.4	Blanc
Local Red	Bangladesh	5.7	130.6	Blanc

[2] Ceux des Philippines ont été obtenus dans le cadre du programmme de recherche AVRDC - Philippines à Los Baños.

Les boutures de tiges furent plantées le 19 novembre à Joydebpur et le 6 novembre à Mymensingh avec un écartement de 60 cm entre les lignes et de 30 cm entre les plants. La culture fut fertilisée avec 500 kg de fumier de vache, 50 kg d'urée, 100 kg de phosphate super triple et 100 kg de muriate de potasse par hectare. A Joydebpur, la culture fut irriguée trois fois, mais à Mymensingh l'irrigation ne fut appliquée que deux fois. La récolte fut effectuée après 150-160 jours.

Les critères principaux pour l'évaluation des cultivars étaient le rendement, l'infestation par les charançons, la teneur en carotene et le comportement à la conservation. L'évaluation n'est pas encore complète. Seuls les chiffres de rendement sont donnés dans cette communication. Différents caractères botaniques des cultivars ont été relevés et certains de ceux-ci sont présentés au Tableau 1.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les rendements donnés par les cultivars aux deux centres figurent au Tableau 1. D'après celui-ci, il est évident que les cultivars différaient largement entre eux pour le rendement aux deux centres. A Joydebpur, l'éventail des rendements allaient de 8,8 à 47,0 et à Mymensingh de 4,8 à 38,5 t/ha. Si l'on se base sur la moyenne des deux localités, le cultivar BNAS-51 des Philippines a donné le plus haut rendement (41,3 t/ha), suivi de près par Kokeia (40,0 t/ha), un cultivar japonais. Le meilleur producteur suivant, Tinirining, était loin derrière avec 31,2 t/ha. Le seul cultivar en provenance de l'AVRDC, AIS 209-3 le serrait de près avec 30,3 t/ha. Tous les autres cultivars étaient loin derrière ceux-ci. La répartition des cultivars dans les différentes classes de rendements est présentée au Tableau 2.

Le rendement des cultivars aux deux centres sont présentés au Tableau 3. Dans cette expérimentation, la culture a reçu irrigation et engrais. Les techniques culturales n'étaient pas celles utilisées par les petits planteurs du Bangladesh.

Tableau 2. Répartition des cultivars entre les différentes classes de rendement (t/ha)

Lieu	Classes de rendement t/ha				
	<10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	>40
Joydebpur	3	11	18	5	5
Mymensingh	7	29	4	2	0
Moyenne des deux stations	2	25	11	2	2

Une caractéristique digne d'attention présentée par les rendements est la différence plus grande que prévue entre les rendements obtenus aux deux endroits. En moyenne, les cultivars ont produit presque deux fois plus à Joydebpur qu'à Mymensingh. Les rendements moyens étaient de 25,9 et de 14,8 t/ha respectivement traduisant un effet hautement significatif des facteurs du milieu, dans ce cas le sol, sur le rendement de la patate douce, étant donné que les conditions climatiques (température et pluviométrie) des deux localités ne différaient pas beaucoup. Nous avions précédemment l'impression que le sol limoneux était meilleur pour la patate douce que l'argile, mais la présente expérimentation a prouvé exactement le contraire. Au Bangladesh, la patate douce est cultivée principalement dans les sols alluviaux bordant le fleuve, comme c'est le cas à Mymensingh. Cette expérience a montré que l'argile latéritique peut constituer un sol meilleur pour la patate douce, bien que Joydebpur ne soit pas traditionnellement une zone de culture de patates douces.

Tableau 3. Comparaison des rendements (t/ha) de cultivars exotiques de patates douces obtenus dans deux localités du Bangladesh durant l'année 1979-80

Nom des cultivars	Joydebpur	Mymensingh	Moyenne
AIS 209-3	40.4	20.1	30.3
TIS 2328	15.7	15.5	15.6
TIS 2330	20.6	8.4	14.5
TIS 2498	15.9	15.1	15.5
TIS 2532	24.2	13.0	18.6
TIS 3017	24.5	13.8	19.2
TIS 3030	21.9	11.3	16.6
TIS 3032	33.3	18.2	25.8
TIS 3055	16.6	14.6	15.6
TIS 3247	28.6	20.1	14.4
TIS 5016	40.0	11.9	26.0
TIS 5081	24.2	10.9	17.6
TIB 8	18.0	9.6	13.8
Gokomachan	13.2	13.4	13.3
Okinawa	9.2	7.7	8.4
Kokela	41.4	38.5	40.0
Norin	9.8	7.5	8.7
Norin S	27.8	22.6	25.2
DAJA	25.5	12.4	19.0
GYY	17.8	15.9	16.8
HDK 12	15.8	10.0	12.9
Old Yellow	16.4	6.3	11.3
Red Tuber Tail	24.3	18.8	21.6
Tainung 15	37.8	12.6	25.2
Tainung New 10	20.3	10.0	15.2
Tinrining	43.4	19.0	31.2
BNAS 51	47.0	35.6	41.3
Wariyapola	26.6	23.0	24.8
Pelican Processor	8.8	12.6	10.7
USA 1	21.2	14.2	17.7
USA 2	22.2	10.0	16.1
BAU 2	12.4	16.6	13.5
RS N° 1	22.5	18.0	20.3
RS N° 4	28.6	18.0	23.3
Mount Diamond 1	30.6	13.4	22.0
Mount Diamond 3	15.1	13.6	14.4
Mount Diamond 4	31.6	19.0	25.3
Julian	19.3	4.8	12.0
Ginin	34.5	19.8	26.6
Jewel	21.4	13.0	17.2
Local white	21.9	7.1	14.5
Local Red	20.4	11.3	15.8
Moyenne	25.9	14.8	19.2

Les résultats de ces essais ont montré qu'il est possible de réaliser une importante amélioration de la culture de la patate douce au Bangladesh, à la fois en matière de productivité et de qualité, par l'introduction de matériel génétique exotique. Les deux cultivars locaux introduits dans l'essai ont donné des rendements d'environ 15 t/ha. Sur les 40 cultivars exotiques, au moins 27 ont donné un rendement supérieur à la moyenne des deux cultivars locaux et, dans beaucoup de cas, la différence était substantielle. Bien que les deux cultivars locaux ne puissent pas être considérés comme représentatifs de toutes les patates douces du Bangladesh, étant donné que le matériel génétique local est toujours inexploré, il est permis de dire avec certitude que le matériel exotique collecté jusqu'à présent contient des génotypes d'un très haut potentiel productif et que, s'ils donnent satisfaction par ailleurs, ces génotypes sont tout à fait capables d'amplifier la production

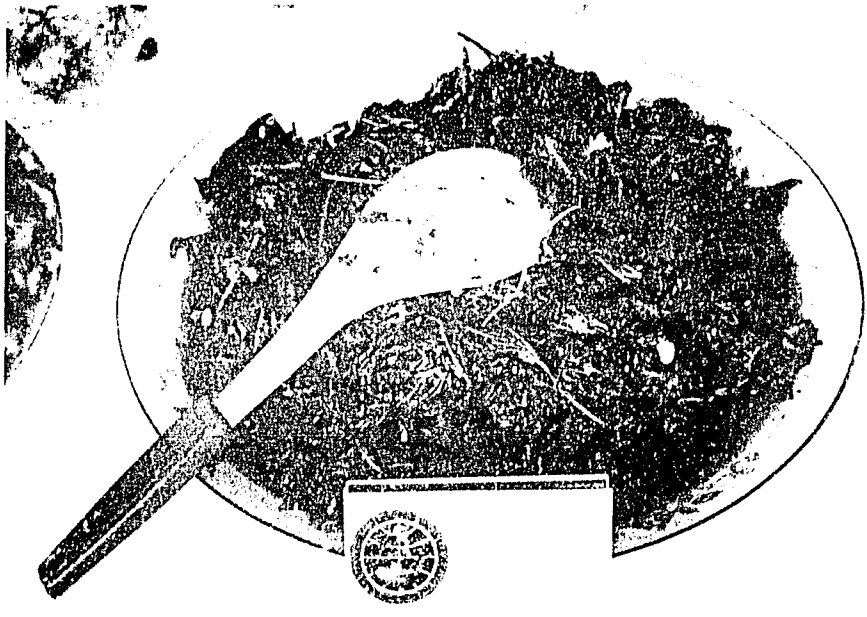
totale de la culture dans le pays au cours des prochaines années. Heureusement, les quatre variétés élites ont toutes une chair de couleur crème à jaune et cette qualité est à elle seule d'une importance considérable, dans la mesure où la préférence des consommateurs est concernée.

Cependant, l'adoption définitive des cultivars exotiques par les planteurs dépend de leur comportement en termes de resistance au charançon, d'aptitude à bien se conserver et de goût. Certains, parmi les meilleurs producteurs font déjà l'objet d'essais en champ. En même temps, la collecte et l'évaluation du matériel génétique local ont été entreprises.

Certaines lignées de l'AVRDC, dont il n'a pas été mention précédemment, on donné de bons rendements dans les essais chez le paysan conduits par le Comité Central Mennonite dans le district de Noakhali, environ 200 km au sud-est de Dacca. A un endroit, le cultivar AIS 243-2 a produit 35,5 t ha. Le plus haut rendement releve pour AIS 0122-2 etait de 18,9 t ha. Les rendements de AIS 35-1, AIS 35-2 et AIS 272 9 étaient au même niveau que celui des témoins locaux et même dans certains cas inférieurs.

REMERCIEMENTS

Cette expérimentation fut conduite dans le cadre d'un projet de recherche intitulé Centre de Développement et de Recherche Maraîchère du Bangladesh, financé par le Conseil du Bangladesh pour la Recherche Agronomique. Nous tenons à remercier ici pour leur coopération la Fondation Ford, l'IITA et l'AVRDC, grâce auxquels le matériel génétique de patate douce a pu être obtenu, pour leur coopération.



Les pousses de patate douce préparées comme légumes sont riches en vitamine A.

LA SELECTION DES PATATES DOUCES POUR LA CONSOMMATION HUMAINE

H. WANG
Station Expérimentale d'Agriculture de Chiayi, Institut de Recherche Agronomique de Taïwan, Chiayi, Taïwan.

INTRODUCTION

La patate douce est riche, non seulement en hydrates de carbone, mais aussi en vitamines et en sels minéraux (Villareal 1977). Elle est considérée comme un aliment énergétique et pauvre en protéine, dont la teneur est généralement inférieure à celle du riz et du blé. La patate douce est déficiente en acides aminés soufrés et en tryptophane, mais ceci est partiellement compensé par des taux élevés en vitamines A et C et par certains sels minéraux. Purcell (1972) a rapporté que la plupart des cultivars contiennent entre 4,5 % - 7 % de protéine. On a toutefois évalué que la teneur protidique de patates douces d'une collection de Caroline du Nord variait de 1,73 % à 9,14 % sur la base du poids de matières sèches. Ces données confirment les résultats de nombreux autres chercheurs (AVRDC 1974 ; Li 1974). L'AVRDC (1974) a relevé que le contenu en protéine des parties aériennes des plantes varie de 21,7 % à 31,3 % sur la base du poids de matières sèches. Ces résultats montrent que les feuilles et les extrémités des tiges ont une valeur nutritionnelle supérieure à celle des racines.

La patate douce utilisée pour l'alimentation humaine est habituellement préparée à l'état frais après la récolte, particulièrement dans les régions tropicales et subtropicales. Dans la zone tempérée, la patate douce est normalement conservée après la récolte jusqu'à la saison hivernale. Aux USA, de grandes quantités sont mises en conserves et sont aussi préparées sous forme déshydratée (Demaree *et al.* 1960 ; Edmund 1971). L'amidon de patate douce est probablement davantage utilisé pour l'apprêtage des textiles et le blanchissage, que pour l'alimentation. Sammy (1970) écrivait que la farine de patate douce pouvait être utilisée comme un substitut de la farine de froment à un taux allant jusqu'à 15 % pour le pain et 20 % à 30 % pour la pâtisserie. D'autres usages de la farine de patate douce ont été étudiés et proposés (Poole *et al.* 1955) et comprennent son utilisation possible comme ingrédient dans les gâteaux, les beignets, les biscuits, le pain d'épice, les pâtés et la pâtisserie, les puddings et les plats de légumes.

A Taïwan, les patates douces sont facilement disponibles sur les marchés locaux. Des racines de patate douce cuites sont très souvent offertes comme dessert ou casse-croûte dans les rues. Les patates douces se conservent bien pendant au moins deux mois en hiver (Wang 1974).

VARIETES ET AMELIORATION

Travaux d'amélioration accomplis avant 1946

L'amélioration de la patate douce a été initiée à Taïwan en 1911 et les travaux se subdivisent en deux parties.

Dans un premier temps, de 1911 à 1921, environ 164 variétés furent introduites du Japon, de Java, des Etats-Unis, de Bornéo, des Célèbes et de Chine continentale.

Ensuite, de 1922 à 1945, un programme de croisements fut réalisé à la Station Expérimentale d'Agriculture de Chiayi par Hirama (1929-37 et 1935) ; il était axé sur l'amélioration de la qualité, et en particulier sur l'élévation de la teneur en amidon de la patate douce en vue de son utilisation pour l'alimentation humaine, pour l'élevage et pour l'industrie. Quarante sept nouvelles variétés (Tainung 1 à 47) furent baptisées et conseillées aux agriculteurs.

Travaux d'amélioration accomplis depuis 1946

Depuis 1946, la sélection de la patate douce est conduite par la Station Expérimentale d'Agriculture de Chiayi (CAES) et par différentes Stations d'Amélioration Agronomiques de District. L'AVRDC (1974) a lancé, en 1972-73 son propre programme de sélection de patates douces à valeur nutritionnelle élevée.

Depuis 1946, d'autres introductions ont été faites en provenance du Japon, des Philippines, des Etats-Unis et de Chine continentale, étant donné que la plupart des collections de patates douces avaient été perdues pendant la Seconde Guerre Mondiale. Jusqu'en 1970, plus de cent variétés et ou clones ont été introduites par le CAES (Wang 1976) et un programme de croisements fut réalisé avec les objectifs suivants :

1. Sélectionner des variétes suffisamment précoces pour remplacer les variétés autochtones dans le nord et le centre-nord de Taiwan. Dans ce but, des croisements furent réalisés entre des variétés locales et des variétes américaines et japonaises, et les anciennes variétés Tainung.

2. Sélectionner des variétés qui surpassent les anciennes variétés Tainung en qualité et en productivité. A cette fin, des croisements furent réalisés entre les variétés Tainung et des variétés introduites à partir de pays étrangers.

3. Sélectionner des variétes riches en carotène, qui possèdent une valeur nutritionnelle plus élevée pour l'utilisation domestique ou la transformation. Pour ce faire, les variétés riches en carotène Nancy Hall, Porto Rico, Centennial, Seedling n° 779 provenant de Californie et d'autres variétés ou clones américains à chair orange furent utilisés en croisement principalement avec des variétés de Tainung et de Nunglin. Le rendement, ainsi que d'autres caractéristiques majeure des parents le plus habituellement utilisés, figurent au Tableau 1.

Depuis 1946, seize nouvelles variétés améliorées (désignées par les indicatifs Tainung 48 à 57 et Tainung 59 à 64) ont été sélectionnées pour être diffusées par le CAES chez les agriculteurs. Une autre, Tainung 58 (P 30), fut diffusée par le TARI (Mou *et al.* 1957). De ces 17 nouvelles variétés Tainung, huit sont à usage domestique, et deux de ces huit variétés (Tainung 63 et 64) ont été diffusées à partir de la première année du polycross (Li 1980). La teneur en carotène de ces huit nouvelles variétés a augmenté de 0 à 22,5 mg/100 g.

Des variétés de patate douce à chair blanche ont été diffusées par trois Stations d'Amélioration Agricole de District (Chen et Hsu 1974 ; Li 1980). De plus, un nouveau clone, C 53-83 fut sélectionné par le CAES à partir de semences hybrides obtenues en 1964 en croisant Tainung 54 avec le N° 779. La sélection par élimination fut effectuée en 1965. Les essais comparatifs de clones se sont terminés dans la période 1966-68, et les études concernant les caractéristiques agronomiques ont été effectuées de 1968 à 1970. Des essais de rendement en trois localités du District de Yunlin furent réalisés à nouveau de 1977 à 1979. Les résultats figurent au Tableau 2.

On a observé qu'une plantation à forte densité (20 cm entre les plants) augmentait non seulement le rendement, mais aussi le nombre de racines, comme l'indique le Tableau 3. Sous ce rapport, le clone C 53-83 se montrait supérieur à l'autre clone L 21-33. La taille de la racine fut également réduite de diamètre d'environ 2,5 à 4,4 cm pour répondre aux exigences du conditionnement.

Tableau 1. Origine, date d'introduction, pourcentage de cossettes et teneur en carotène des variétés parentales (Wang 1974)

Variété	Pourcentage de cossettes sèches (%)	Teneur en carotène (mg 100 g)
Variétés locales		
Today Early	25.5	0.4
Chi-Ting-Chun	24.1	0.4
Red Tuber-Tail	18.0	1.2
Variétés introduites		
Nancy Hall	37.0	3.6
Porto Rico	31.0	5.5
Kandee	30.5	9.2
Goldrush	24.4	16.0
Heartogold	24.8	11.0
Virginian	22.4	18.2
Allgold	27.7	19.8
No. 779	26.4	14.9
Centennial	28.9	18.0
Rose Centennial	25.8	19.0
Julian	28.8	24.8
L 2-116	33.2	16.5
L 3-64	32.8	13.1
L 4-89	32.6	12.4
Okinawa 100	37.0	–
Nunglin 18	39.8	–
Nunglin 19	36.0	–
Nunglin 21	39.2	–
Nunglin 26	40.0	–

Aucune variation perceptible de la teneur en carotène ne fut observée qui aurait pu être le résultat des différents lieux de culture ou des types de sol. Une texture légère du sol donne habituellement des racines plus uniformes, qualité recherchée pour la conserverie.

L'expérience acquise à Taiwan montre qu'août-septembre est l'époque appropriée pour procéder à la plantation, et la récolte est ensuite attendue pour la période janvier-février suivante. Les racines récoltées approximativement quatre à cinq mois après la plantation conviennent pour la mise en conserve. En ce qui concerne la teneur en carotène, les patates douces plantées en août-septembre ont une teneur plus élevée que celles plantées les autres mois et les patates douces récoltées à quatre mois après la plantation ont une teneur plus élevée que celles qui sont récoltées à trois ou à cinq mois après la plantation.

LES FAITS EN RELATION AVEC LA SELECTION

Floraison

Bien que la patate douce fleurisse facilement dans des conditions naturelles dans le sud des Etats-Unis, les scientifiques de Taiwan ont rencontré des difficultés pour l'amener à fleurir (AVRDC 1974 ; WANG 1951).

Wang (1964 b) a établi que la meilleure saison pour la pollinisation de la patate douce à Chiayi, Taiwan, se situe de début novembre à la mi-décembre, quand la température moyenne journalière varie entre 20° C et 25° C. Au-delà de cet éventail, la floraison, la grenaison et le nombre de graines par capsule sont plus limités. Les bourgeons floraux de plusieurs variétés subissent un préjudice

Tableau 2. Moyennes d'essais d'observation de six plants de patate douce en trois endroits du District de Yunlin en 1977-79

Variété ou plant	Ascendants	Rendement (t/ha)[y]			Teneur en carotène (mg/100 g)	Index de goût
		Yuanchang	Taihsi	Shuilin		
C 70-101	Tainung 62 × C 64-11	37.0 (28.7)	20.6 (30.0)	27.6 (32.1)	4.6	4
C 70-54	C 64-88 × L 2-116	35.3 (27.5)	27.3 (27.7)	26.0 (27.4)	12.4	4
C 70-66	Centennial × Tainung 55	39.8 (26.0)	23.2 (27.8)	32.5 (27.7)	14.5	4
C 70-79	C 64-11 × C 64-33	30.0 (27.0)	15.2 (27.6)	23.5 (27.1)	6.8	5
C 64-83 (C 53-83)	Tainung 54 × No 779	30.7 (25.4)	27.4 (26.3)	20.7 (26.0)	13.0	5
C 69-19[z]	Tainung 62 × No 779	30.6 (34.3)	22.0 (34.2)	25.6 (33.1)	4.0	6
Tainung 57	(ck 1)	34.8 (30.0)	29.8 (30.6)	18.9 (30.3)	2.0	6
Tainung 62[z]	(ck 2)	34.2 (29.9)	27.0 (28.9)	24.9 (29.6)	8.0	5

Tableau 3. Effet d'une plantation dense sur les rendements en racines et leur nombre pour les clones de patate douce C 53-83 et L 21-33

Espacement	C 53-83		L 21-33		Moyenne	
	Rendement (t/ha)	Nbre de racines 1 000/ha	Rendement (t/ha)	Nbre de racines 1 000/ha	Rendement (t/ha)	Nbre de racines 1 000/ha
20 cm	41.4 (112)	541.4 (132)	23.5 (109)	396.7 (130)	32.5 (111)	468.9 (131)
30 cm	37.0 (100)	410.2 (100)	21.5 (100)	303.7 (100)	29.3 (100)	356.8 (100)
LSD 1%					2.0	49.9

lorsque la température descend en-dessous de 12° C. Ces résultats confirment les observations de Montelaro et de Miller (1951) qui notaient un ralentissement de la grenaison au cours de périodes très chaudes ou froides, celle-ci étant à son maximum à une température moyenne journalière d'environ 23°9 C. Warmke et Cruzado (1949) ont rapporté que le pourcentage de grenaison au début et à la fin de la saison était bas, comparé à celui de milieu de saison, de 1-15 février à Puerto Rico, situé à 18° nord.

Aptitude à la fructification et à la grenaison

Une fructification et une grenaison défectueuses sont les obstacles majeurs rencontrés dans les programmes d'amélioration de la patate douce. On doit à cet égard noter que les facteurs de l'environnement, de même que les facteurs génétiques, morphologiques, physiologiques, cytologiques et pathologiques, influencent le processus de fertilisation.

Stout (1924) estimait que le type de stérilité prévalant chez la patate douce était celui de l'incompatibilité dans le processus de fertilisation ; en d'autres mots, que l'auto-incompatibilité pouvait exister. Wang (1964 a) rapportait que 45 des 76 variétés et plants de patate douce étudiés étaient complètement auto-incompatibles. Hernandez et Miller (1962 et 1964) établirent que la présence d'auto-incompatibilité et d'incompatibilité croisée rendait difficile l'obtention de graines à partir de croisements entre certains parents et pensaient que l'incompatibilité chez la patate

douce était déterminée par des gènes formant une série allélomorphe multiple. Leur affirmation était acceptée par Wang (1964 a) quand il classait 76 variétés et plants provenant du Japon, de Chine continentale, de Taïwan, des Philippines et des Etats-Unis, en cinq groupes intra-incompatibles inter-compatibles et un groupe intra-inter-compatible. Les gènes S1 à S5 d'une série allélomorphe multiple furent attribués aux cinq groupes intra-incompatibles représentant les groupes d'incompatibilité I, II, III, IV et V. Les variétés du groupe VI étaient supposées posséder un facteur de restauration de la fertilité (sf).

Etant donné que Terao (1934) classifiait 51 variétés de patate douce en trois groupes d'incompatibilité désignées A, B et C en 1934, les groupes d'incompatibilité qui ont été identifiés ont déjà augmenté de trois à quatorze (Sakamoto 1973 ; Yomo 1977).

Le pollen a été étudié par Wang (1964 b) en tant que facteur causal incriminé dans la faible grenaison et la fructification défectueuse, particulièrement par quatre variétés, Hawaiian, 60-Day, Hochwan Big Vine et Chett Bunch Port Rico. Elles présentaient toutes 50 % ou plus de pollen stérile. Les observations cytologiques faites sur ces quatre variétés montraient des chromosomes déphasés à la métaphase dans la cellule mère du pollen et indiquaient que ceux-ci pourraient être associés à leur pourcentage élevé de pollen stérile. Les résultats obtenus par Wang confirment l'affirmation de Ting et Kehr (1953) et de Ting *et al.*, mais n'ont pas été appuyés par les résultats de Jones (1965).

La recherche sur le mégagamétophyte de la patate douce n'a pas été approfondie. Marin (1965) a établi que bien que les variétés de patate douce aient quatre ovules par ovaire, il était très rare que quatre graines mûrissent. Celles qui possèdent moins de quatre ovules normaux dans l'ovaire, comme Brunham (1967) et Wang et Burnham (1968) l'ont rapporté, montrent une grenaison inférieure. La situation est encore plus critique si une variété femelle-stérile est utilisée comme parent en effectuant les croisements.

CONDUITE DE LA SELECTION

Introduction de matériel génétique

L'introduction est la première démarche dans l'amélioration de la patate douce. La variété Nancy Hall provenant des Etats-Unis fut introduite dans la province de Szechuan en Chine en 1940 pendant la Seconde Guerre Mondiale, et elle fut largement cultivée, constituant une importante culture vivrière (Shen 1951). A Taïwan, les premières introductions furent effectuées entre 1911 et 1921. La variété White Holland, qui à l'origine fut introduite depuis le Japon, était une des variétés majeures cultivées sur l'île alors que l'amélioration ne faisait que commencer (Cheng 1956), quoique la seconde vague d'introductions (comprenant plus de 30 variétés américaines riches en carotène et 31 variétés japonaises à teneur élevée en amidon) ait été réceptionnée dans la période 1945-1970, aucune de ces variétés ne réussit suffisamment pour être choisie directement pour la culture commerciale, à l'exception de la variété Okinawa 100 (Chien 1964), cultivée dans certaines régions de Taïwan pendant une très longue période.

Mutation et sélection

Etant donné que la patate douce est une plante à racines et qu'elle se propage asexuellement, les mutations naissent ordinairement au niveau des racines ou du feuillage. Les mutations dans les racines de la patate douce sont très souvent observées à Taïwan (Wang 1964 c). Au début du xxème siècle, avant le perfectionnement des techniques d'induction florale, la sélection de types mutants de patates douces était la seule méthode pouvant être utilisée pour changer leur constitu-

tion génétique (Miller 1939). Toutefois, la plupart des mutations chez la patate douce ont été décrites comme étant rétrogressives (Hernandez *et al.* 1964). Un traitement d'irradiation aux rayons gamma fut appliqué à trois variétés, mais les mutations de celles-ci se montrèrent inférieures à tous les points de vue.

Hybridation et sélection de clones auto-fertiles

Hybridation : jusqu'à présent un grand nombre de cultivars ont été diffusés au Japon, à Taiwan, aux États-Unis et dans d'autres pays, suite à un programme d'hybridation axé sur différents objectifs. À Taiwan, les programmes de sélection ont deux objectifs : créer des variétés pour l'élevage et l'industrie, et créer des variétés de table.

Auto-fécondation : en général, les patates douces sont des plantes auto-stériles, et un petit nombre de variétés et de clones se sont montrés auto-fertiles (Hernandez et Miller 1962 ; Wang 1964). Hernandez et Miller (1962) citaient le cas de 18 parents de patates douces sélectionnées, dont trois seulement se montrèrent auto-compatibles après autofécondation. Wang (1964 a) abondait dans leur sens et rapportait que Kandee est très auto-fertile, et que Nancy Hall, Tainung 31 et Tainung 36 sont également auto-fertiles. Wang (1969) mentionnait aussi qu'un groupement d'incompatibilité de la première génération issue de l'auto-fécondation des variétés Nancy Hall et Kandee avait été effectué et indiquait que la plupart des clones S₁ n'étaient pas déprimés par des facteurs génétiques d'incompatibilité croisée. Poole (1955) affirmait que la vigueur n'est pas diminuée par consanguinité. Sakai (1964) indiquait que la dégénérescence due à la consanguinité était faible pour ce qui est de la teneur en amidon.

Étant donné que les patates douces sont hétérozygotes, les caractéristiques de toutes les variétés et/ou des plants issus d'hybridation diffèrent l'une de l'autre. Il y a de grandes variations dans la forme de la feuille, la couleur de la chair et de la peau, la forme de la racine et pour d'autres caractères. Cependant, un éventail des teneurs en protéines de 11,9 % à 17,0 % fut relevé par Kehr *et al.* (1953) après avoir cultivé le sommet de la patate douce Jersey sur quatre porte-greffes différents. Bien que le rendement en racines de la patate douce ait été signalé comme non-additif (Sakai 1964), certains génotypes qui paraissaient posséder à la fois la tolérance à la sécheresse et une bonne productivité furent repérés par Villareal (1979 b) lors de l'évaluation des collections de l'AVRDC. Des différences variétales pour des caractéristiques chimiques – amidon, bêta-carotène, protéine — sucre — des patates douces ont été citées (AVRDC 1974 ; Li 1974 a ; Wang 1974). Les sélectionneurs peuvent combiner ces caractères désirables avec la productivité et la résistance aux maladies et aux insectes. Récemment, l'attention des sélectionneurs a été peu à peu attirée par la valeur nutritionnelle des pousses de patate douce. Villareal (1979) a observé que les patates douces montraient une grande diversité de caractères morphologiques dans les pousses. Donc, une sélection peut être entreprise pour le rendement, le goût, la tendreté, l'arôme et la qualité nutritionnelle, à partir d'un grand nombre de cultivars et de lignées sélectionnées.

Hernandez *et al.* (1965) ont indiqué que la couleur blanche de la chair est incomplètement dominante sur l'orange. Les pigments caroténoïdes totaux semblent être sous le contrôle de plusieurs gènes, peut-être six qui sont additifs, et les croisements entre des parents à teneur totale moyenne à haute en caroténoïdes, produisaient des plants à teneur totale moyenne en pigment de 12,8 à 15,8 mg/100 g (poids frais). Une disjonction transgressive fut signalée dans des croisements entre certains parents.

Sakai (1964) précisait que, étant donné que la teneur des patates douces en amidon est principalement déterminée par l'effet additif de polygènes, l'accumulation de gènes contrôlant la haute teneur en amidon des variétés domestiques est recommandée. Pour accumuler ces gènes l'auto-fécondation ou les croisements frères-sœurs sont efficaces, car la dégénérescence par consan-

guinité est faible pour ce caractère. Dans certains cas, de bons résultats sont obtenus à partir de croisements de lignées. Par conséquent, les variétés à haute teneur en amidon sélectionnées et cultivées de cette façon peuvent être utilisées comme parents pour sélectionner des variétés à haute teneur en amidon et à rendement élevé.

Hammett *et al.* (1966) ont signalé l'existence de variations dans la teneur en fibres des racines charnues des plants de patate douce, mettant apparemment deux jeux de gènes en cause. L'un deux contrôle la présence de fibres, alors que l'autre contrôle les dimensions de la fibre. Ses résultats indiquaient qu'un faible nombre de gènes à dominance simple contrôlaient la taille de la fibre, tandis que la teneur totale en fibres était sous le contrôle de plusieurs gènes, à effet géométrique et liés avec les gènes pour la taille de la fibre. Par conséquent, la sélection pour la faible teneur en fibres est réalisable.

Constantin *et al.* (1966) ont rapporté que les racines cuites de plants de patate douce, issus de la descendance de plusieurs combinaisons parentales, ont été évaluées pour la couleur de leur chair, l'arôme, la texture, la teneur en fibres et en sucre, la teneur en eau et l'acceptabilité en général, et que toutes ces évaluations furent réduites à leur moyenne et combinées pour obtenir un indice de cuisson pour chaque plant. Les croisements entre parents à indice de cuisson bas produisirent des plants qui, pour la plupart avaient des indices bas. Pour les croisements entre parents à qualité de cuisson moyenne ou supérieure, 74 % à 94 % des plants avaient une qualité de cuisson moyenne ou supérieure. Villareal *et al.* (1979 a) mentionnaient que des racines cuites à la vapeur provenant de lignées sélectionnées et de cultivars de patates douces prometteuses ont été évaluées par un jury pour l'arôme, la fermeté, le caractère collant, la couleur, et l'acceptabilité générale, afin de déterminer les critères de sélection qui agissent sur cette acceptabilité générale. Le degré d'acceptabilité des racines variait en fonction de la nationalité des membres du jury. En se basant sur les résultats de l'analyse de régression multiple échelonnée, l'arôme et la couleur semblaient être des caractéristiques utiles pour prédire le degré d'acceptabilité des racines de patates douces cuites à la vapeur.

En ce qui concerne la valeur nutritionnelle, la teneur en carotène est reconnue pour être un élément constitutif important et d'un grand intérêt pour les sélectionneurs. L'AVRDC (1975) a signalé que les sélections à chair orange étaient riches en beta-carotène. Par chance, elles sont également riches en protéine. Jones *et al.* (1969) et Jones (1977) mentionnaient cependant une association négative entre la couleur de la chair et les matières sèches. Par conséquent, la sélection simultanée pour une haute teneur en matières sèches peut s'avérer difficile, mais non impossible.

D'après Purcell *et al.* (1976 après Juritz 1921) la matière sèche a été utilisée comme un indicateur de la teneur en amidon. La matière sèche est corrélée positivement avec la teneur en amidon. D'après Sistrunk *et al.* (1954 après Coré 1920) les patates douces sont riches en diastase qui, si elle est présente en très petites quantités, peut convertir pratiquement tout l'amidon en sucre réducteur au cours de la cuisson. Dawson (1950-51) a signalé que, lorsque les patates douces sont cuites, la teneur totale en sucre augmente sous l'action de la beta-amylase, un enzyme qui, activé par la température élevée de la cuisson, convertit l'amidon en maltose et en dextrines avant qu'il ne soit inactivé par la température finale plus élevée de la cuisson. Les racines de la variété Porto Rico sont particulièrement riches en beta-amylase et après ressuyage et stockage, presque tout l'amidon peut être converti par cuisson lente. Hasselbring et Hawhins (1915) ont rapporté que les patates douces restent à une teneur peu élevée en sucre pendant la saison culturale, mais qu'après la récolte, la conversion de l'amidon en sucre est rapide, particulièrement aux basses températures. Sistrunk (1977) a souligné que la cuisson au four convertissait plus d'amidon en sucre que la cuisson à l'eau.

L'amidon, le carotène et les protéines, sont donc trois caractères essentiels qu'il faut prendre en compte dans les programmes de sélection de la patate douce pour la consommation humaine. La teneur en carotène est corrélée négativement avec la teneur en matières sèches, et la teneur en amidon est associée à la qualité gustative. Par conséquent, au cours de la sélection, en plus du rendement, une teneur en amidon d'environ 20 % et une teneur en matières sèches au-dessus de 30 % devraient constituer des critères plus importants que la teneur en carotène ou en protéines. Une variété de patate douce qui possède simplement une teneur en carotène élevée serait probablement pauvre en matières sèches et riche en eau. Elle serait difficilement consommable, du moins par les populations de Taïwan.

Le Tableau 2 montre que le plant C 69-19 et la variété Taimung donnent un pourcentage en cossettes et une qualité gustative élevés, mais qu'ils sont pauvres en carotène. Cependant, le classement de ses caractères pour les deux autres plants, C 70-54 et C 70-66 était exactement l'inverse.

Le pourcentage moyen en cossettes sèches de tous les clones et variétés testés a décliné de 2 ou 3 % comparé à son niveau antérieur relevé au CAES. Cette diminution du pourcentage en cossettes sèches fut suivie par celle des indices gustatifs de 5 à 4 due à l'augmentation de l'humidité du sol, avec pour résultat une diminution du taux de matières sèches. Un taux de matières sèches bas est associé à un indice gustatif bas. Ceci confirme les observations de Constantin *et al.* (1974) qui montraient que des taux d'humidité élevés amènent une diminution à la fois des matières sèches et des protéines. C'est pourquoi, le critère de sélection adopté pour le pourcentage en cossettes sèches devrait être relevé de 2 ou 3 % au-dessus du niveau habituel de 30 % dans les zones à humidité du sol élevée de façon à satisfaire aux exigences.

Sélectionner une variété à teneur en matières sèches de plus de 35 %, et à une teneur en carotène allant de 12 à 15 mg/100 g (comme la nouvelle variété Carver) n'est pas difficile.

Pollinisation libre : le polycross, l'un des processus de pollinisation actuellement utilisé, fut d'abord probablement proposé comme un moyen d'induire la fructification et la grenaison pour la sélection des patates douces par Miller, Hernandez et leurs collaborateurs (1964). Ils disaient : « Etant donné que la patate douce est très hétérozygote, des parents choisis pour leurs bons caractères horticoles dans différents groupes d'incompatibilité sont introduits en pépinière de sélection au champ et des semences sont fournies par chaque parent femelle ». Wang et Burnham (1968) ont souligné que la triple pollinisation (qui consiste à placer du pollen provenant de trois clones mâles sur la même surface stigmatique) avait pour résultat d'augmenter le nombre moyen de graines par fruit, mais non d'augmenter la fructification. L'idée constructive d'utiliser le polycross de Hernandez et de Miller (1964) a beaucoup attiré l'attention des sélectionneurs de plants. Une nouvelle méthode de sélection de la patate douce fut proposée par Jones (1965). Jones *et al.* (1976) affirmaient que le maintien d'une population de grande taille pouvait éliminer le handicap des stérilités et des incompatibilités. La méthode de sélection proposée par Jones a été adoptée par Yomo (1977) et Li (1974 b). Yomo (1977) proposait que la population pour les fécondations croisées comprenent au moins huit groupes d'incompatibilité. Dans l'état des connaissances actuelles, les variétés et/ou les clones nord-américains appartiennent à cinq ou six groupes d'incompatibilité (Hernandez *et al.* 1964). De plus, la plupart des variétés américaines testées par Wang (1964 a) et classées par Hernandez et Miller (1964) appartiennent à un seul groupe. Par conséquent, il est essentiel qu'un grand nombre de groupes d'incompatibilité soit inclus dans la population en panmixie pour la sélection de masse.

Vigueur hybride

Il est généralement admis que la patate douce est une plante auto-incompatible. Martin (1965) a

rapporté que l'auto-incompatibilité n'est qu'un des mécanismes de croisement existant chez les plantes à fleurs qui conduisent à un taux élevé d'hétérozygotie d'une population et à une architecture génétique basée sur l'homéostasie et la vigueur hybride. Edmond (1971) a souligné qu'un degré peu commun de vigueur hybride peut exister chez la patate douce. Hanna (1960) mentionnait qu'une lignée de qualité, le N° 779, fleurissait abondamment à Taiwan. Il me demanda donc d'effectuer quelques croisements pour lui, entre N° 779 et certaines variétés de Taiwan le 26 novembre 1957. Non seulement les rendements obtenus furent élevés, mais la descendance de ces croisements s'est montrée très vigoureuse, résistante aux brûlures de soleil, à la talure et aux organismes causant la pourriture (Hanna 1960). Pour un pourcentage élevé de ces plants, la perte de poids au cours du stockage fut substantiellement réduite.

METHODE DE SELECTION

Induction florale

En fonction des conditions locales de l'environnement, l'écorçage annulaire, le greffage, des jours de courte durée, ou encore deux de ces traitements combinés, peuvent donner de bons résultats dans l'induction florale. Si le greffage est choisi, des plants appartenant soit à une autre espèce d'*Ipomoea* soit à des variétés de patate douce fleurissant bien sont préparés comme porte-greffes en les plantant en serre ou pépinière. La greffe est habituellement pratiquée un mois et demi avec la pollinisation.

Le groupement d'incompatibilités

Avant d'effectuer les croisements, il y a lieu de déterminer à quel(s) groupe(s) d'incompatibilité appartiennent les variétés et ou les plants utilisés comme parents. Pour ce faire, des fleurs de chaque variété ou plant parental destiné à être utilisé comme parent femelle sont pollinisées tour à tour par un membre de chaque groupe d'incompatibilité. Les stigmates et les styles des fleurs pollinisées sont récoltés deux à trois heures après la pollinisation, et la germination du pollen et la croissance du tube pollinique sont observées avec comme critère de classification la coloration obtenue à l'aide d'une solution de lactol phénol coton bleu. Un pollen défaillant qui ne germe pas indique que les deux variétés ou clones croisés appartiennent au même groupe d'incompatibilité. Jusqu'à présent, un total de 184 variétés et ou de clones originaires du Japon, des Philippines, des Etats-Unis, de Chine continentale et de Taiwan, ont été classés en cinq groupes d'incompatibilité comme il est montré au Tableau 4.

Tableau 4. Groupement d'incompatibilité des variétés et ou des clones de patate douce au CAES, Taiwan

Origine	Nombre de variétés ou de clones suivis	Groupements d'incompatibilité[1]					
		I	II	III	IV	V	Autres
Taiwan							
Local	37	10	6	1	16	4	
Tainung	33	2	1	2	24	4	
Améliorée	47	12	12	4	9	8	2
Chine	10	5	3	1	1		
Philippines	6	4					2
USA	16	1	13		2		
Japon							
Variété locale	4	2(A)	1(B)	1(C)			
Nunghi (améliorée)	31	8	17	5	1		
TOTAL	184	44	53	14	53	16	4

[1] La lettre entre parenthèses désigne les groupes d'incompatibilité dans le système japonais

Pollinisation

La pollinisation croisée est effectuée chaque année au CAES à partir de la mi-octobre jusqu'en janvier de l'année suivante; Le pourcentage moyen de fructification et le nombre moyen de graines par fruit, entre 1973 et 1980, étaient respectivement 50,0 % et 1,54.

La scarification de la graine et la conservation

Etant donné que l'enveloppe de la graine est impermeable à l'eau, la germination des graines non traitées peu demander deux à trois mois. Il a été reconnu que la scarification était un moyen efficace de provoquer une emergence rapide de la plantule (Steinbauer 1938; Martin 1946). Si les graines sont plongées pendant une heure dans de l'acide sulfurique concentré en les agitant deux ou trois fois, puis plongées dans de l'eau pendant deux ou trois heures avant le semis, on obtient facilement une germination dépassant 95 %. Si les graines sont bien conservées, elles peuvent conserver leur pouvoir germinatif pendant plusieurs années.

Evaluation des lignées sélectionnées

En général, entre le premier semis et la diffusion de clones performants auprès des planteurs, il se passe huit années ou plus, et la sélection comprend de nombreuses étapes.

Criblage des boutures : A Taiwan, les semences sont habituellement semées soit en serre soit en plates-bandes en pleine terre au mois d'avril. Dès que les boutures atteignent 30 cm, elles sont transplantées au champ et multipliées à raison de 3 ou 4 plants chacune. A la mi-août, ces plants sont replantées en champ, à 1 m d'intervalle. Après environ quatre mois de croissance, la récolte et le premier criblage sont effectués à la mi-décembre. Le criblage est basé sur les caractères essentiels de rendement, de couleur de peau et de chair, de forme de racines, du nombre de racines consommables, de formation de veines et de craquelures de croissance, de même que sur la résistance aux maladies et aux insectes. Un second criblage est effectué sur la base du pourcentage de cossettes sèches et sur le goût. Les sélections à pourcentage de cossettes sèches inférieur à 30 % et à indice de qualité gustative inférieur à 5 (la qualité gustative comprend 9 échelons établis par Hirama (1935)) sont éliminés, sans tenir compte des caractères supérieurs qui auraient pu éventuellement apparaître au cours du premier criblage. Après les deux criblages de la première année, le taux de sélection est inférieur à 2 %, calculé à partir des populations de départ. A la Station Expérimentale d'Agriculture de Louisiane, un taux de sélection inférieur à 1 % fut obtenu (Miller et Hernandez 1959). Les chercheurs de l'AVRDC (1975) ont estimé qu'un taux de sélection compris entre 1,5 % et 7,3 % était probablement désavantageux, en ce sens que certains génotypes désirables étaient perdus.

Essais comparatifs : les clones sélectionnés sur les observations de seconde année sont mis en essais comparatifs avec une variété témoin, pendant au moins deux ans. Un dispositif en blocs complets disposés au hasard est habituellement adopté, avec quatre ou six répétitions. La parcelle élémentaire est de 8 m² avec une simple ligne de plantation. Chaque parcelle contient 32 plants. Pour chaque clone, les caractères essentiels sont notés de même que les facteurs liés au rendement.

Essais avancés : les essais avancés peuvent commencer à partir de la cinquième ou la sixième année et durer au moins deux ou trois autres années. Pas plus de 15 clones (témoin inclu) ne sortent habituellement de l'essai comparatif. Le dispositif est généralement le même que celui de l'essai comparatif. La parcelle peut être élargie de une à deux lignes. A l'issue de cet essai, deux ou trois clones qui présentent un rendement et d'autres caractères quantitatifs très stables, sont choisis pour les essais régionaux.

Tableau 5. Analyse du contenu en carotène du clone de patate douce C 53-83 cultivé à différents endroits de Taïwan, 1969-70

Lieux	Types de sols	Teneur en carotène (mg 100 g)					
		Essais				Total	Moyenne
		1	2	3	4		
Touliu	Grès	13.1	9.[illegible]	8.6	12.4	43.3	10.8
Huwei	Schiste alluvial	12.4	13.1	9.8	12.4	47.7	11.9
Peichang	Grès	10.4	9.8	8.0	8.6	36.8	9.2
Wushulin	Grès	12.4	12.4	11.7	11.7	48.2	12.1
Chiaotou	Grès	13.8	10.4	14.9	10.4	49.5	12.4
Fenlien	Ardoise	13.1	13.1	10.4	11.7	48.3	12.1
Fanlu	Podzol rouge jaune	11.7	11.0	9.2	14.5	46.4	11.6
Mailiao	Calcaire	8.6	9.2	11.7	9.8	39.3	9.8
Chiayi A.E.S.	Podzol rouge jaune	9.8	8.0	11.0	11.0	39.8	10.0
L.S.D. 5%							2.4
1%							3.3

Essais régionaux ou d'observation : les clones utilisés dans ces essais proviennent généralement de diverses organisations de recherche, et des variétés locales ou traditionnelles doivent y figurer comme témoins. Un dispositif en blocs complets disposés au hasard à quatre répétitions est habituellement adopté. Ces essais devraient être poursuivis pendant trois ans, et un effort devrait être consenti pour observer comme le(s) clone(s) répond suivant le climat local et les conditions pédologiques (Tableau 5).

Enregistrement et diffusion : lorsque, à la suite des essais régionaux, un ou des clones se montrent nettement supérieurs aux variétés locales ou traditionnelles sous certains, ou sous tous les rapports, et stables, le sélectionneur peut s'apprêter à procéder aux étapes de la diffusion. Une liste peut être demandée, garantissant leur origine, leur description, et leur comportement, et utilisant le code et le numéro appropriés du nouveau clone(s).

BIBLIOGRAPHIE

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1974. Annual report fort 1972-73. Shanhua, Taiwan. 52 pp.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1975. Annual report for 1974. Shanhua, Taiwan. 142 pp.

BURNHAM, M. 1967. Ovule number as a factor in low seed set of certain sweet potato clones. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 90 : 313-315.

BURTON, D. C., L. G. JONES and J. C. MILLER. 1958. Sweet potato chips - a commercial potential. La. Agric. 1 (3).

CHEN, W. T. and C. S. HSU. 1974. Sweet potato new variety, 'Tainan No. 15'. Tainan District Agric. Improv. Sta., Res. Rept. 8.

CHENG, C. F. 1956. Crop improvement and seed distribution of uplan food crops in Taiwan. Joint Commission on Rural Reconstruction. Plant Ind. Series. No. 11.

CHIEN, C. K. 1964. An introduction of the experimental results of the sweet potato variety, 'Okinawa 100'. Taiwan Agric. Res. 13 (3) : 22-29.

CONSTANTIN, R. J., T. P. HERNANDEZ, J. C. MILLER and H. L. HAMMETT. 1966. Inheritance of baking quality in the sweet potato, *Ipomoea batatas*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88 : 498-450.

CONSTANTIN, R. J., TRAVIS P. HERNANDEZ and L. G. JONES. 1974. Effects of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(4) : 308-310.

DAWSON, P. R. 1950-51. Sweet potatoes for food and feed. USDA Yearbook.

DEMAREE, K. D., J. M. HUFFINGTON, L. E. SCOTT and H. HARRIES. 1960. Progress in sweet potato processing in the United States. *In* Twenty years of cooperative sweet potato research 1939-59. National Sweet Potato Collaborators. p. 19-26.

EDMOND, J. B. 1971. Sweet potatoes: Production, processing, marketing. AVI Publishing Compagny Inc. 334 pp.

HAMMETT, H. L., T. P. HERNANDEZ and J. C. MILLER. 1966. Inheritance of fiber content in the sweet potato, *Ipomoea batatas*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Sci. 88 : 428-433.

HANNA, G. C. 1960. Hybrid vigor in sweet potatoes. Dept. Veg. Crops California Agric. 14(4).

HASSELBRING, H. and L. A. HAWKINS. 1915. Carbohydrate transformations in sweet potatoes. J. Agric. Res. 5(13) : 543-560.

HERNANDEZ, T. P. and J. C. MILLER. 1962. Self- and cross-incompatibilities in the sweet potato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81 : 428-433.

HERNANDEZ, T. P. and J. C. MILLER. 1964. Further studies on the incompatibility in the sweet potato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85 : 426-429.

HERNANDEZ, T. P., TRAVIS P. HERNANDEZ and J. C. MILLER. 1964. Frequency of somatic mutations in several sweet potato varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85 : 430-433.

HERNANDEZ, T. P., TRAVIS P. HERNANDEZ, R. J. CONSTANTIN, and J. C. MILLER. 1965. Inheritance of and method of rating flesh color in *Ipomoea batatas*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87 : 387-390.

HIRAMA, S. 1929-37. Cross-breeding varieties and strains of sweet potatoes. Formosa Dept. Agric. Rept. Nos. 44,46 and 71.

HIRAMA, S. 1935. Studies on the characteristics of sweet potato varieties in Formosa. Formosa Dept. Agric. Rept. No. 68.

JONES, A. 1965. Cytological observations and fertility measurements of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86 : 5278-537.

JONES, A. 1965. A proposed breeding procedure for sweet potato. Crop Sci. 5 : 191-192.

JONES, A. 1977. Heritabilities of seven sweet potato root traits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(4) : 440-442.

JONES, A., C. E. STEINBAUER and D. J. POPE. 1969. Quantitative inheritance of ten root traits in sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 271-275.

JONES, A., P. D. DUKES and F. P. J. CUTHBERT. 1976. Mass selection in sweet potato: Breeding for resistance to insects and diseases and for horticultural characteristics. J. Amer. Sco. Hort. Sci. 101(6) : 701-704.

KEHR, A. E., Y. C. TING and J. C. MILLER. 1953. Induction of flowering in the Jersey type sweet potato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 62 : 437-440.

LI, LIANG. 1974a. Variation in protein content and its relation to other characters in sweet potatoes. J. Agric. Asso. China. New series 88 : 17. (in Chinese with English summary)

LI, LIANG. 1974b. Studies on the variation and mean performance in successive generations of a randomly intermating population of sweet potatoes. (in Chinese with English summary). J. Taiwan Agric. Res. 23(4) : 255-262.

LI, LIANG. 1980. Sweet potatoes. Farms Guide. Harvest Farm Magazine. 398-403. (in Chinese)

MARTIN, F. W. 1965. Incompatibility in the sweet potato: a review. Econ. Bot. 19 : 406-415.

MARTIN, F. W. and A. JONES. 1971. Flowering and fertility changes in six generations of open pollinated sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(4) : 493-495.

MARTIN, J. A. Jr. 1946. Germination of sweet potato seed as affected by different methods of scarification. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 47 : 387-390.

MILLER, J. C. 1939. Further studies and technic used in sweet potato breeding in Louisiana. J. Hered. 30 : 485-492.

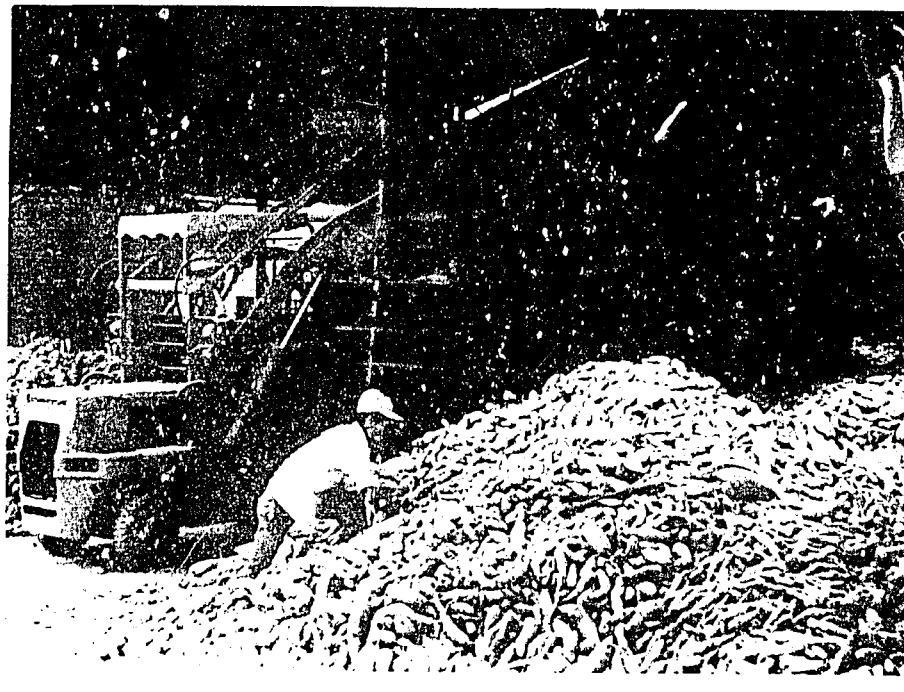
MILLER, J. C. and T. P. Hernandez. 1959. Annual progress report — Sweet potato breeding and yield studies for 1959. Hort. Res. Circular 44. La. Agric. Expt. Sta.

MONTELARO, J. and J. C. MILLER. 1951. A study of some factors affecting seed setting in the sweet potato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 57 : 329-334.

MOU, T. S., E. CHEN and T. S. LIAN. 1957. The rearing of the new varieties 'P30', 'P10' and 'P46' and its adaptation (in Chinese with English summary). Agric. Res. 7 (1).

POOLE, C. F. 1955. Sweet potato genetic studies. Hawaii Agric. Expt. Sta. Tech. Bull. No. 27.

POOLE, MARIE, J. C. MILLER, C. TUCHER and D. S. MOCHETT. 1955. Sweet potato flour, a new food source, an enriching and time saving product. Louisiana State University, La. Agric. Expt. Sta. Mimeograph Circ. No. 1.



Plus de 60 % des patates douces cultivées à Taiwan sont utilisées à des fins industrielles ou comme aliment de fourrage.

LES POUSSES DE PATATE DOUCE UTILISEES COMME LEGUMES

R. L. VILLAREAL, S. C. TSOU, H. F. LO et S. C. CHIU
Centre Asiatique de Recherche et de Développement des Cultures Maraîchères (AVRDC), Shanhua, Tainan 741, Taiwan.

INTRODUCTION

Quand les Philippines subirent les graves inondations de 1972, seuls deux légumes à feuilles vertes pouvaient être régulièrement trouvés à la fois sur les marchés des villes et des campagnes - les pousses de patate douce et le convolvulus d'eau ou « kangkong » *(Ipomoea aquatica)*. Tous les autres légumes avaient été détruits par environ un mois de pluies continuelles. Les pousses, dans ce contexte, concernent la portion de la tige utilisée pour l'alimentation humaine. Le terme de tige est utilisé pour désigner la partie entière de la plante qui se trouve au-dessus du sol.

Pendant la Seconde Guerre Mondiale, beaucoup de soldats américains et philippins emprisonnés dans les camps des Philippines subsistèrent grâce au riz et aux pousses de patates douces (Miller 1967). Ceux qui se nourrirent de pousses conservèrent une très bonne vue, alors que ceux qui furent nourris de riz uniquement, souffrirent de maladies de la peau et d'une vision défectueuse, causées par le manque de vitamine A. Quant aux Philippins, beaucoup survécurent à la famine et à la malnutrition pendant la guerre grâce aux patates douces. A cette époque, virtuellement chaque famille philippine disposait d'un jardin potager où la patate douce était toujours cultivée. Nous savons maintenant que si un homme, même actif, mange environ 100 g de pousses par jour, il satisfait ses besoins en vitamine A pour deux jours environ, un quart de ses besoins en vitamine B2, et plus de la moitié de ses besoins en vitamine C et en Fe ; en outre, il bénéficie d'une certaine quantité de Ca, de cendres et de fibres.

Le climat des tropiques en Asie est chaud et humide en été, et, par conséquent, la production maraîchère est basse et les prix sont élevés. Les pousses de patate douce, capables de surmonter les conditions adverses, pourraient constituer un légume à feuilles vertes additionnel pendant cette période de l'année, voire toute l'année. Les teneurs élevées des pousses en vitamines A, B2, C et en certains minéraux pourraient aussi contribuer à solutionner des problèmes nutritionnels comme la cécité nocturne, le scorbut et l'anémie chez les habitants des zones plus pauvres des tropiques.

L'objectif de cette communication est de résumer les approches que nous adoptons à l'AVRDC pour la sélection de variétés de patates douces destinées à la production de pousses.

LES PROBLEMES

Bien que les pousses de patates douces aient été utilisées comme légume aux Philippines, en Indonésie, en Thaïlande, en Malaisie (Villareal *et al.* 1979 a), dans bon nombre de zones rurales des Provinces de Kwangtung et de Fukien en Chine méridionale (communication personnelle de C. L. Luh, consultant senior, Taiwan Sugar Corporation), en Guinée, en Corée (Dahniya 1979), au

Zaïre (Ifefo 1979), au Sierra Leone (Kamara *et al.* 1979), en Tanzanie (Msabaha 1979) et au Libéria (Saqui 1979), leur utilité en tant qu'aliment pour l'homme a été négligée par la recherche. Par conséquent, beaucoup de questions restaient sans réponses lorsque l'AVRDC commença son travail de défrichement sur ce légume trop longtemps sous-estimé. Par exemple, quelle forme de feuille, couleur de tige, de veines ou de feuille sont préférées ? Les feuilles glabres sont-elles préférées aux feuilles poilues ? Comment peut-on évaluer la tendreté, étant donné que ce caractère est toujours recherché chez un légume à feuilles ? Quelles caractéristiques qualitatives contribuent à son acceptabilité ? Quelles sont les parties qui sont consommées - les tiges, les feuilles ou les deux ? Les informations manquaient également sur la qualité nutritionnelle, la productivité et sur les moyens d'améliorer celles-ci.

LES PROGRES REALISES JUSQU'ICI

Comme point de départ, l'auteur a réalisé une enquête limitée sur la consommation aux Philippines, en 1974. Il a observé que les pousses de patates douces acceptables devaient être tendres, glabres (non poilues) et de couleur violacée, la préférence pour la couleur violette se justifiant par l'intention d'ajouter de la couleur à la table (Villareal *et al.* 1979 a). Les parties consommées étaient les sommités des tiges longues de 10 cm comprenant à la tige et feuilles. Ce sont les parties qui sont généralement consommées dans beaucoup d'autres pays, également. En Corée, les pétioles sont consommés au lieu des pousses, alors que chez le peuple Haka vivant à Taiwan, ce sont les feuilles adultes et les pétioles qui le sont.

Etude des caractéristiques morphologiques

Bases sur l'étude mentionnée ci-dessus, quatre criblages séparés furent conduits entre août et septembre en 1974, 1976 et 1977, évaluant 177, 136 et 56 numéros, respectivement. L'objectif était d'identifier les numéros présentant des caractères morphologiques acceptables pour la consommation par l'homme. Les résultats de ces criblages sont résumés au Tableau 1 et à la Figure 1.

Tableau 1. Caractères morphologiques des pousses de 369 cultivars de patate douce

	Tiges	Nervures	Feuilles
	(nombre de cultivars)		
Couleur			
Violet	61	229	43
Vert-violet	135	13	169[2]
Vert	173	127	152
Autres	0	0	5
Pubescence			
Glabre			139
Légère			153
Moyenne			56
Forte			21
			230
Forme de la feuille			
Entière (une pointe)			183
Trifoliée (3 pointes feuille)			54
Palmée (5 pointes feuille)			107
Autres			25

On dispose d'une grande variété de couleurs et de formes, avec ou sans feuilles glabres (Tableau 1). Certains cultivars, dont les feuilles sont seulement légèrement poilues, pourraient être sélectionnées au cas où les cultivars glabres ne présenteraient pas d'autres caractéristiques favorables associées.

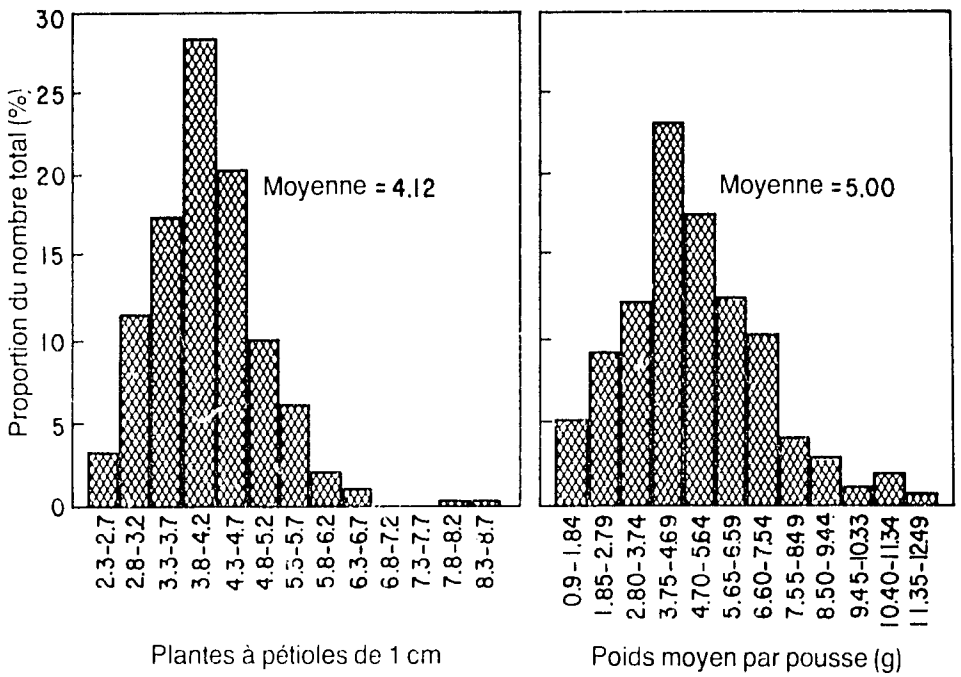


Figure 1. Répartition des pousses à pétioles de 1 cm et des différents poids, pour 369 cultivars de patate douce (Villareal *et al.* 1979 a)

La préférence générale pour les pousses de 10 cm comme légumes verts, dans beaucoup de pays où les pousses sont consommées comme légume, est logique, étant donné qu'une grande proportion des feuilles de l'extrémité de la tige, sur 10 cm, sont nouvelles et donc tendres. On a remarqué au cours de l'enquête que les feuilles dont le pétiole dépasse 1 cm sont plus âgées et généralement plus coriaces que celles dont le pétiole est inférieur à un cm. Nous avons de ce fait estimé le caractère désirable des pousses, en comptant le nombre de feuilles à pétiole de 1 cm au moins sur chaque portion d'extrémité de tige, à raison de dix échantillons par entrée. Les pousses garnies du plus grand nombre de feuilles à pétiole inférieur à 1 cm furent considérées comme désirables étant plus tendres et meilleures pour la table. Les résultats de l'étude (Figure 1) ont montré qu'il y avait entre 2,3 et 8,7 feuilles de cette sorte par pousse, et il fut possible de sélectionner environ 3 % des numéros évalués, sur la base de ce caractère dans la mesure où il les concernait.

Aux Philippines, les pousses sont commercialisées soit au poids soit au nombre (AVRDC 1975, 1976), mais seulement au poids en Malaisie et à Taïwan. De ce fait, les chercheurs se sont intéressés aux pousses qui pesaient le plus, tout en restant tendres. L'évaluation a montré qu'une pousse de 10 cm pouvait peser entre 0,9 g et 12,5 g (Figure 1).

Evaluation pour le rendement et les qualités nutritionnelles et gustatives

Les cultivars prometteurs combinant les caracteres appropriés de couleur, de pubescence et de tendreté furent ensuite évalués pour leur rendement et leurs qualités nutritionnelles et gustatives. Nous avons inclu BNAS White, un cultivar philippin populaire cultivé pour ses racines et ses pousses, et Kinangkong pous ses pousses. Dilaw est aussi un cultivar philippin populaire pour ses pousses, à cause de la couleur jaune attractive des feuilles.

Les résultats de l'essai de rendement sont presentés au Tableau 2. Quatre entrées (Dilaw, Kinangkong, PI 344138 et PI 344120) dépassaient BNAS White, le cultivar temoin, en termes de poids ha; les autres entrées étaient comparables au témoin. A l'exception de Dilaw, les mêmes entrées dépasserent le témoin pour le nombre de pousses hectare. Si un cultivateur désire un cultivar à deux fins (qui produit aussi bien des racines que des pousses), le choix devrait se porter su PI 344128, PI 344120 ou PI 318856. Comme il ressort du Tableau 2, les rendements en racines des autres entrees ont été tres affectés par la cueillette répétée des pousses, alors que ces trois entrées ont produit un minimum de 15 t ha de racines commercialisables bien qu'ayant été soumises à la même fréquence de cueillette que les autres. Il est clair, d'après d'autres études (Dahniya 1979, Gonzales *et al* 1977, Yen 1974) que la perte des feuilles chez la patate douce a en général comme résultat de réduire les rendements en racines.

Tableau 2. Rendement en pousses et en racines de dix cultivars de patate douce[y]

Nom du cultivar	Rendement en pousses[z]				Rendement en racines[w]
	Poids t/ha	% du témoin	Nombre t 000/ha	T[x]	
Dilaw	16	46	1 420	38	2
Kinangkong	14	27	3 520	59	1
PI 344138	14	27	1 860	43	15
PI 344120	14	27	2 080	46	15
Daja 380	13	18	746	27	10
PI 318856	12	9	1 250	35	16
Earlyport	11	0	970	31	9
HM 16	11	0	1 310	37	6
Rose Centennial	10	– 10	610	25	3
BNAS-White (control)	11	–	1 230	36	12
Moyenne	13		1 500	38	9
LSD 05	3			5	3

[z] Planté le 28 juillet 1976
[y] Récolte six fois à 14 jours d'intervalle du 6 septembre au 28 novembre
[x] Transformation: racines carrées des pousses/ha
[w] Rendement commercialisable de racines: récolte le 6 décembre après 130 jours

Une autre expérience a été réalisée pour déterminer si la fréquence des récoltes, et la fertilisation azotee, agissent sur le rendement en pousses et sur d'autres caractéristiques de trois cultivars à différents types de feuilles. Il fut établi que la fréquence de récolte n'influençait pas le rendement ni d'autres caractéristiques, mais les effets de l'application d'azote et le choix des cultivars étaient significatifs pour certains caractères (Tableau 3). Le traitement de 120 kg/ha de de N dépassait le témoin à cause d'une production plus élevée de pousses plus vigoureuses. Ce traitement entraînait également des teneurs plus élevées en protéines mais des niveaux en oxalate plus bas dans les feuilles que le témoin, ce qui laisse supposer que le niveau des deux composés peut être manipulé au moyen de la fertilisation azotée. Les matières sèches et la vitami-

Tableau 3. Comparaison de trois variétés de patate douce pour le rendement en pousses et certains autres caractères[Z]

Facteurs	Nombre		Poids (t/ha)	Poids moyen par pousse (g)	Protéine (%)	Matière sèche (%)	Oxalate (%)	Vit B_2[x] (mg/100 g)
	(1 000/ha)	T[y]						
Niveau d'azote (kg/ha)				Effets de trois niveaux d'azote				
0	3198	56.6	24	4.35	2.79	10.0	0.46	0.22
60	3039	55.1	22	4.55	2.97	10.0	0.43	0.22
120	3575	59.6	26	4.62	2.98	10.0	0.42	0.23
LSD 05		2.4	2	0.14	0.04	NS	0.02	NS
Variété				Trois cultivars à différents types de feuilles				
D'Iaw (large feuille)	1.826	42.7	18	6.72	2.93	9.0	0.49	0.21
AIS 016-1 (moyenne)	3.287	57.3	26	4.10	2.77	10.7	0.46	0.22
Kimangkong (fine)	5.100	71.4	25	2.67	3.05	10.3	0.34	0.24
LDS 05		5.7	5	0.33	0.08	0.3	0.04	NS

[Z] Planté le 15 juin 1977. Récoltes hebdomadaires et deux fois par mois (moyennes de deux répétitions).
[x] Données de récoltes hebdomadaires seulement. [y] Transformation utilisant les racines calculées des pousses/ha.

Tableau 4. Les composants nutritionnels des pousses de patate douce et de cinq légumes à feuilles communs

Végétable	Humidité (%)	Protéine (%)	Fibre (%)	Minéraux			Vitamines			Acide oxalique (%) (DW)
				Cendres (%)	Ca mg/100g	Fe mg/100g	A UI/100g	B_2 mg/100g	C mg/100g	
Sweetpotatoe tops[Z]	86.1	2.7	2.0	1.7	74	4	5.590	0.35	41	5.1
Convolvulus d'eau	91.5	2.3	0.9	1.0	94	1	4.200	0.20	43	4.5
Epinard	92.3	2.3	0.8	1.7	70	2	10.500	0.16	60	9.6
Amaranthe	87.6	1.8	1.3	2.1	300	6	1.600	0.23	17	10.3
Laitue	96.3	0.9	0.3	0.2	14	0.2	4.300	0.03	6	1.3
Chou	92.1	1.7	0.9	0.7	64	0.7	75	0.05	62	0.3

[Z] : Moyenne de 10 cultivars

ne B2 ne furent pas influencées par l'engrais azoté supplémentaire. Kinangkong, à type de feuille fine, produisit le nombre le plus élevé de pousses/ha, présentait la plus haute teneur en protéine, la teneur en oxalate la plus basse, et une teneur en matières sèches très élevée, ce qui faisait un légume vert de très grande qualité. Sa teneur en vitamine B2 est comparable à celle des deux autres cultivars.

L'élévation nutritionnelle a décelé des variations en matières sèches, en teneur en fibre, en cendres, en vitamine B2 et C et en oxalate (Villareal *et al.* 1979 b). Aucune différence significative ne fut décelée entre les cultivars pour la teneur en Ca, en Fe et en vitamine A. Les pousses de patate douce sont supérieures aux autres légumes à feuilles en ce qui concerne les teneurs en éléments nutritifs (Tableau 4). Potentiellement, leur plus importante contribution en matière de nutrition, pourrait résider dans leur haute teneur en vitamine B2, qui est généralement déficiente dans la plupart des régimes alimentaires asiatiques. Leur teneur en oxalate, inférieure à celles de l'amaranthe et de l'épinard, les rend supérieures à ces deux légumes.

Une des tâches les plus difficiles pour inciter à une utilisation accrue des pousses de patate douce est la détermination des critères de sélection à utiliser pour la prédiction de leur acceptabilité générale. Les chercheurs, pour ce faire, évaluent les qualités gustatives de la plante comme la tendreté, la saveur, la couleur de la tige et de la feuille et la pilosité (Villareal *et al.* 1979 c). Il fut établi que tous ces attributs qualitatifs sont importants pour pouvoir prédire l'acceptabilité générale des pousses blanchies (Tableau 5). Toutefois, une première sélection peut être faite pour ce qui est de la couleur et de la pilosité. Dans une analyse de régression multiple par échelon pour déterminer la contribution relative de chacun des caractères qualitatifs à l'acceptabilité des pousses de patate douce, le coefficient de détermination (R^2) indiquait que la couleur de la tige (X^3) était responsable à 64 % des variations en termes d'acceptabilité (Tableau 5). En ajoutant la pilosité (X^5) dans l'équation, la précision de la prédiction de l'acceptabilité augmentait de 22 %.

Tableau 5. Résumé de l'analyse de régression multiple à échelons de l'acceptabilité et des caractères qualitatifs gustatifs des pousses de patate douce (Villareal *et al.* 1979 c)

Variables	Accumulative (R^2)
1 Couleur de la tige (X_3)	0.64**
2 Pilosité (X_5)	0.86**
3 Tendreté (X_1)	0.90**
4 Couleur de la feuille (X_4)	0.92**
5 Saveur (X_2)	0.95**

** Hautement significatif au niveau de 1 % selon le test F.

PRIORITES DE RECHERCHE

Après avoir effectué une série d'études pionnières au sujet des pousses de patate douce pour l'alimentation humaine, les chercheurs de l'AVRDC sont conscients de tout le travail qui reste à faire pour développer leur utilisation. Des recherches devraient être entreprises dans les secteurs suivants :

1. Sélection d'une variété attrayante de pousses de patate douce

L'acceptation des pousses reste encore toujours influencée par des facteurs psychologiques qui les font considérer comme « la salade du pauvre ». Des pousses d'un aspect attractif nouveau pourraient contribuer à chasser cette image. Certains génotypes d'un meilleur attrait commercial

ont des feuilles fines à moyennes, de couleur violet foncé ou jaune foncé. Les sélectionneurs de l'AVRDC n'ont pas réussi jusqu'ici à combiner la couleur jaune attrative de la variété Dilaw avec le caractère feuilles fines ou moyennes. Cette variété est difficile à hybrider et le gène qui contrôle cette couleur de feuille semble être un récessif délétère. Parmi les centaines de semences semées à l'AVRDC, un seul plant était jaune, mais il était chétif et mourut par la suite. L'année dernière, la variété Dilaw a produit une quantité de semences en pollinisation libre. Nous avons semé environ 500 semences en mai 1981. Quatre plants jaunes émergèrent mais la coloration jaune disparut 15 jours environ après la germination. Ainsi, un plant de la variété Dilaw âgé d'un mois, jaune à la levée, était devenu vert pâle sur les pousses et entièrement vert sur les feuilles plus âgées. A l'AVRDC peu de progrès ont été enregistrés dans la sélection d'une variété violet foncé.

2. Sélection d'une variété à saveur douce

La forte saveur des pousses ne facilite pas leur cuisson en mélange avec d'autres légumes. Il semble que le nombre de plats que l'on puisse préparer avec des pousses soit limité. Par exemple, le chou, le choufleur, le brocoli, le chou chinois et même le convolvulus aquatique ont tendance à perdre leur saveur naturelle lorsqu'ils sont cuits avec des pousses de patate douce. Des chercheurs pourraient, comme solution, mettre au point des recettes culinaires qui exploitent cette forte saveur.

3. Evaluation de la coriacité des pousses

Les pousses sont coriaces comparées aux autres légumes feuillus. Le taux de concentration des fibres qui contribuent au caractère coriace des pousses devrait être déterminé. Les fibres sont-elles concentrées dans le pétiole, la tige ou les feuilles ? Existe-t-il des différences variétales perceptibles en ce qui concerne la teneur en fibres des pousses ? Une forte application d'azote et une irrigation fréquente pourraient-elles rendre les pousses plus tendre ?

4. Détermination des constituants chimiques

Un dosage biologique complet devrait être effectué pour déterminer dans quelle mesure les composants chimiques et autres pourraient être dangereux ou bénéfiques pour la santé humaine. L'amertume des pousses, par exemple, pourrait être due à des composés phénoliques. La consommation excessive de ces composés peut-elle être toxique ? Quelle technique de criblage pourrait être utilisée pour déceler leur présence dans les pousses ? Par ailleurs, les pousses de patates douces sont connues pour avoir des propriétés saluretiques (accroissant l'élimination de sel de sodium) et des propriétés (accroissant la quantité d'urine), ce qui en fait de bons légumes pour les individus souffrant de pression artérielle élevée (Villareal *et al.* 1979 a). Les pousses pourraient-elles, dans ces conditions, être recommandées par le corps médical comme aliment de régime régulier aux personnes qui ont une pression artérielle élevée ? Pourquoi n'est-ce pas fait ? Y-a-t-il des effets secondaires associés à la consommation de pousses ?

5. Mise au point de moyens pour maintenir la qualité post-récolte

L'aspect post-récolte des pousses se détériore rapidement. Il est nécessaire d'identifier et de mettre au point des moyens simples, peu coûteux et efficaces, pour maintenir la qualité des pousses constante du producteur au consommateur et d'étudier les caractéristiques post-récolte de différentes variétés. Les variétés à plus petites feuilles ont-elles une durée de conservation

plus longue que celles à plus grandes feuilles ? Les feuilles jaunes maintiennent-elles leur attrait plus longtemps que les feuilles violettes ou vertes ?

6. Sélection de variétés à port érigé

Le port rampant de la patate douce rend la cueillette des pousses difficile. Cette difficulté serait atténuée si les pousses se trouvaient dans une position dressée plutôt que retombante au moment de la récolte. De telles pousses seraient plus faciles à récolter et pourraient se prêter à la mécanisation dans le futur. Il serait nécessaire de transférer ce type de port à des variétés acceptables. Une autre possibilité pourrait consister à exploiter des pousses provenant de racines mises en plates-bandes, celles-ci produisant normalement des pousses ou des boutures érigées.

Veuillez noter que les problèmes que nous avons identifiés ont trait surtout aux exigences des consommateurs (paragraphes 1 à 5). Seul le paragraphe 6 traite des problèmes de l'agriculteur-producteur. Les problèmes de production des cultivateurs de pousses mériteraient aussi une plus grande attention.

CONCLUSION

Il ne fait pas de doute que les pousses de patates douces, tout comme les racines, sont sous-exploitées. Mais elles pourraient avoir un rôle important à jouer dans l'alimentation d'un grand nombre de populations du Tiers Monde parce que les pousses et les racines sont peu coûteuses, facile à cultiver et nutritives. Les chercheurs devraient faire en sorte de rendre les pousses de légume et les racines plus appétissantes et acceptables. Les sélectionneurs devraient mettre au point une variété de patate douce appréciée pour les pousses, et les nutritionnistes ensemble avec les chercheurs devraient préparer des plats à base de pousses plus appétissants et plus attrayants. Nous espérons que d'autres chercheurs apporteront leur expérience à cette entreprise qui en vaut la peine.

BIBLIOGRAPHIE

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1975. Annual report for 1974. Shanhua, Taiwan

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1976. Annual report for 1975. Shanhua, Taiwan

DAHNIYA, M. J. 1979. Use of sweet potato vines and leaves as human food. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979

GONZALES, F. R., T. G. GADIZ and M. S. BUGAWAN. 1977. Effect of topping and fertilization on the yield and protein content of three varieties of sweet potato. Philippine J. Crop Sci. 2: 97-102

IFEFO, B. B. 1979. Sweet potato in Zaire. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979

KAMARA, S. I., S. A. RAYMUNDO, R. A. D. JONES and S. D. JOHNSON. 1979. Sweet potato improvement in Sierra Leone. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

LUH, C. L. and J. C. MOOMAW. 1979. Present role and future outlook for sweet potato in Asia — Research and development needs. *In* 5th Symp. Int. Soc. Trop. Root Crops. Manila, Philippines, Sept. 17-21, 1979.

MILLER, J. C. 1967. Summary report of world tour. HortScience 2 (1).

MSABAHA, M. A. M. 1979. Sweet potato in Tanzania. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

SAQUI, M. A. A. 1979. Sweet potato improvement in Liberia. *In* First Annual Research Conference. IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979.

VILLAREAL, R. L., S. K. LIN, L. S. CHANG and S. H. LAI. 1979 a. Use of sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaf tips as vegetable. I. Evaluation of morphological traits. Expl. Agric. 15 : 113-116.

VILLAREAL, R. L., S. C. S. TSOU, S. K. LIN and S. C. CHIU. 1979 b. Use of sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaf tips as vegetables. II. Evaluation of yield and nutritive quality. Expl. Agric. 15 : 117-122.

VILLAREAL, R. L., S. C. S. TSOU, S. C. CHIU and S. H. LAI. 1979 c. Use of sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaf tips as vegetables. III. Organoleptic evaluation. Expl. Agric. 15 : 123-127.

YEN, F. C. 1974. The relation between foliage insect pests and yields of sweet potato, peanut, and soybean. Taiwan Agric. Quarterly 9 : 41-49.

LA SELECTION DE LA PATATE DOUCE POUR LA RESISTANCE AUX MALADIES

H. L. HAMMETT[a], T. P. HERNANDEZ[b], W. J. MARTIN et C. A. CLARK[c]
a Centre de Recherche sur la patate douce LSU, Box 120, Chase LA 71324, USA
b Département d'Horticulture, Université d'Etat de Louisiane, Baton Rouge, LA 70803, USA
c Département de Pathologie des Plantes et de Physiologie des Cultures, Université d'Etat de Louisiane, USA

INTRODUCTION

La patate douce est l'une des principales cultures vivrières du monde avec plus de 15 millions d'hectares en 1975 (Cummings 1976). D'après Edmond et Ammerman (1971) la patate douce est l'une des plantes les plus efficientes pour la production alimentaire à l'unité de surface par homme heure et est une source d'hydrates de carbone, de vitamines et de certains minéraux. La plante est également utilisée pour l'alimentation des animaux et dans certaines régions, notamment aux E.U., la culture présente un intérêt considérable comme source d'alcool pour l'industrie des carburants

Vingt huit potagères sont énumérées dans les Statistiques Agricoles (Anon 1978). Les patates douces se classent à la neuvième place pour les superficies (58 000 ha) et à la sixième en valeur (120 millions de $ US) aux Etats-Unis. Les pertes estimées des cultures dues aux maladies se montent à 10 % de la production (Wood 1953). Sous ce rapport, la patate douce n'est certainement pas en-dessous de la moyenne, et si les pertes durant le stockage sont également prises en compte, les pertes totales pourraient bien se situer au-dessus du niveau de 10 %. Cummings (1976) affirmait que les rendements des patates douces étaient inférieurs à la moitié de leur potentiel. Cette communication se concentrera sur les maladies qui sont généralement considérées comme causant des problèmes de production.

Les principales maladies des patates douces aux Etats-Unis ont été identifiées par Martin (1976) et Martin, Nielsen et Morrison (1979) et Edmond et Ammerman (1971) comme étant celles causées par les virus, les champignons et les nématodes. Il s'agit de :

Virus

1. Liège interne
2. Moucheture plumeuse
3. Craquelure rousse

Champignons

1. Flétrissure du *Fusarium* ou pourriture de la tige *(Fusarium oxysporium f. batatas)*
2. Pourriture noire *(Certocystis fimbriata)*
3. Pourriture du sol *(Streptomyces ipomoea)*

4. Pellicules *(Monilochaetes infuscans)*
5. Tache circulaire et rouille sclérotique *(Sclérotium rolfsii)*

Nématodes

1. Nématodes à nœud racinaire *(Meloidogyne incognita, M. hapla* et *M. javanica)*
2. Nématode réniforme *(Rotylenchulus reniformus)*.

MALADIES VIRALES

Liège interne

Le virus du liège interne (VLI) des patates douces était une maladie importante de la culture vers la fin des années 1940 et 1950. Martin (1960) affirmait qu'il existait chez les cultivars une résistance considérable au développement des symptômes racinaires, mais que la résistance au virus lui-même était limitée. Il décrivait le cultivar Allgood comme étant un « Typhoid Mary » parce qu'il était un porteur actif du virus hautement sensible, mais qu'il ne montrait pas de symptômes de cette maladie. Martin (1970) a passé en revue le travail accompli sur les maladies virales des patates douces et a souligné que la résistance au VLI existait et pouvait être transmis facilement aux descendances de patates douces.

Tableau 1. Indice de liège et pourcentage de racines et de clones montrant des symptômes de liège chez les lignées parentales sélectionnées et leurs descendances

Parents ou descendants	Indice de liège	Racines			Clones		
		Nombre total	avec symptômes		Nombre total	avec symptômes	
			Nombre	%		Nombre	%
Whitestar (WS)[z]	1.74	43	2	4.6	1	1	100.0
Whitestar (selfed)	0.82	122	3	2.4	6	2	33.3
HM-15[z]	0.00	38	0	0.0	1	0	0.0
HM-15 (selfed)	0.35	649	3	0.5	58	1	1.7
HM-36[z]	0.00	59	0	0.0	1	0	0.0
L-130[z]	14.28	7	4	57.1	1	1	100.0
L-130 (selfed)	17.86	29	12	41.4	3	3	100.0
L-21[z]	5.00	10	2	20.0	1	1	100.0
Porto Rico[z]	22.39	96	48	50.0	1	1	100.0
R × R	0.00	977	0	0.0	81	0	0.0
R × S	3.25	376	24	6.4	33	7	21.2
X × R	2.18	964	53	5.5	91	24	26.4
S × S	19.29	127	68	53.5	9	8	100.0

[z] Lignées parentales utilisées dans les croisements
(Source : Harmon 1960)

Harmon (1960) a étudié l'hérédité de la résistance au VLI. Il a criblé un grand nombre de cultivars et de lignées sélectionnées entre 1946 et 1960 et en a trouvé six qui n'avaient pas de symptôme de VLI et le même nombre dont 50 % des racines montraient des symptômes prononcés. Il sélectionna dix de ces lignées comme parents dans des études de l'hérédité de la résistance au VLI dans un programme de croisement dirigés. Les résultats de ses travaux sont résumés au Tableau 1. Quand

les deux parents étaient classés comme résistants, aucun symptômes de VLI ne fut observé dans la descendance. Si les deux parents étaient sensibles, toute la descendance présentait des symptômes de VLI. Les croisements résistant x sensible ou sensible x résistant donnaient des descendances dont approximativement 25 % des individus présentaient des symptômes de VLI. Harmon suppposait que la résistance était sous le contrôle de gènes dominants.

Plusieurs cultivars ont été classés comme porteurs de virus sans symptômes (Martin 1960, 1970). Quelques pathologistes suggèrent aujourd'hui que la « résistance » est seulement résistance au développement des symptômes de VLI avec peu de sélections « résistantes » réellement résistantes à la répétition du virus. La plupart des cultivars et les sélections « résistants » sont probablement des porteurs sans symptômes du virus.

Toutes les lignées parentales de la pépinière de sélection de la LSU sont « résistantes » au VLI ou du moins à l'extériorisation de symptômes de cette maladie. Des symptômes de VLI n'ont pas été observés chez les sélections de l'Université d'Etat de Louisiane (LSU) cultivées dans les conditions du champ en plus de 20 ans. Le programme de criblage de la LSU pour la résistance au VLI comprend le greffage de tissus malades dans le cœur de s[illegible] des sélections et leur maintien dans des conditions favorables au développement de [illegible] es rejets provenant des racines inoculées sont cultivés et les racines qu'ils produisent [illegible] ées pour les symptômes de VLI. Les cultivars témoins sensibles ont été les seuls à manifester des symptômes de la maladie au cours des quatre dernières années de test.

Autres virus

La moucheture plumeuse (VMP) et la craquelure rousse n'ont pas posé de problèmes économiques importants dans les champs de Louisiane. Les types Jersey, cultivés dans la partie nord-est de la zone de production des E.U., paraissent plus sensibles au symptôme de la craquelure rousse.

LES MALADIES FONGIQUES

Le *Fusarium* de la flétrissure

Le *Fusarium* de la flétrissure ou pourriture de la tige causée par *Fusarium oxysporum* f sp *batatas* existe dans toute la zone de production des Etats-Unis et dans le monde entier (Nielsen 1970). Elle constituait une maladie fongique majeure, importante sur le plan économique, dans tout le sud des Etats-Unis avant les années 1950 et d'après Edmond (1971) elle causait la perte d'au moins 50 % des plants dans certaines plantations. Tinian, Goldrush et Carogold montrent un degré de résistance relativement élevé.

Kakar (1965) et Hernandez *et al.* (1967) ont étudié l'hérédité de la résistance au *Fusarium* de la flétrissure chez les patates douces. Les descendances de 20 croisements furent évaluées pour la résistance au *Fusarium* de la flétrissure.

L'indice du *Fusarium* de la flétrissure a été calculé pour chaque seedling. Douze boutures terminales de chaque seedling furent inoculées en plongeant la section basale dans une suspension de spores de l'inoculum du *Fusarium* et en transplantant ensuite le seedling dans du sable propre. Le cultivar hautement sensible Heartogold et le cultivar résistant Goldrush furent utilisés comme témoins et furent inoculés de la même manière. Quand les boutures du témoin sensible commencèrent à mourir, toutes les boutures furent évaluées et placées dans l'une des cinq catégories : 0 - pas de décoloration vasculaire, I - trace de décoloration vasculaire, II - décoloration

vasculaire modérée, III - décoloration vasculaire grave et IV - flétrissure grave/mort des plants. L'indice de flétrissure fut calculé pour chaque seedling en utilisant la formule suivante :

$$\text{Indice de flétrissure} = \frac{\text{Total des catégories} \times \text{nb de plants dans chaque catégorie}}{\text{Nombre de plants testés} \times 4\ (\text{Nb de classes} - 1)}$$

L'indice de flétrissure fut alors utilisé pour classer les seedlings en : très résistant (TR) = indice de flétrissure de 0-20 ; résistant (R) = indice de flétrissure de 21-40 ; modérément résistant (MR) = indice de flétrissure de 41-60 ; modérément sensible (MS) = indice de flétrissure de 61-80 et sensible (S) = indice de flétrissure de 81-100.

Les données sont résumées au Tableau 2. En général, les résultats indiquent que les croisements entre des parents de résistance modérée (ou plus élevée) donnaient des descendances à grand pourcentage d'individus appartenant à la catégorie résistant. Certains des parents ont transmis un degré élevé de résistance et, sous ce rapport, Julian était exceptionnelle. Lorsque les parents étaient modérément sensibles, ou sensibles, un faible pourcentage de seedlings de la descendance montrait de la résistance au *Fusarium* de la flétrissure. Cependant, ces parents portaient des gènes de résistance à la maladie.

Tableau 2. Répartition de pourcentages des descendances de patate douce entre les catégories de *Fusarium* de la flétrissure

Croisements	Nombre de plants	Répartition des plants dans chaque catégorie de *Fusarium*[z] (%)				
		TR	R	MR	MS	S
MR (selfed)	142	8.5	28.8	42.3	15.5	4.9
MR (selfed)	7[illegible]	0.0	3.8	37.8	42.3	16.7
MS (selfed)	132	0.0	15.1	59.1	23.5	2.3
MS (selfed)	27	0.0	0.0	29.6	59.3	11.1
TR × R	43	0.0	3.3	41.9	39.5	9.3
R × TR	41	0.0	31.7	42.8	12.5	0.0
R × TR	226	22.1	51.3	25.6	0.0	0.0
MR × TR	521	0.2	7.8	47.2	33.6	10.9
MR × R	283	0.7	11.0	30.4	37.1	20.8
MR × MR	905	2.3	8.4	42.5	31.6	15.1
MS × R	384	2.6	1.8	22.9	43.4	31.6
MR × MS	110	3.3	7.2	41.2	43.5	5.7
MR × S	199	0.0	1.2	23.2	53.5	22.1

[z]TR = très résistant = indice de *Fusarium* de 0 à 20
R = résistant = indice de *Fusarium* de 21 à 40
MR = modérément résistant = indice de *Fusarium* de 41 à 60
MS = modérément sensible = indice de *Fusarium* de 61 à 80
S = sensible = indice de *Fusarium* de 81 à 100

(Source : Kakar 1965)

La résistance à la flétrissure est un caractère quantitatif régi par six gènes additifs. Une hérédité transgressive fut signalée pour certains croisements. Une estimation de l'héritabilité de 33 % fut citée et une sélection phénotypique fut suggérée. Jones (1969) citait une estimation de l'héritabilité de 86 % et il affirmait que la composante additive était responsable de virtuellement toute la variance génétique.

Les sélections du programme de sélection de la LSU sont soumis à des criblages de routine pour la résistance à la flétrissure. Approximativement 80 % des seedlings testés au cours des quatre dernières années possédaient un niveau de résistance allant de « intermédiaire » (un niveau relativement bon de résistance au champ) à « très résistant ».

Divers degrés de résistance au *Fusarium* de la flétrissure existent dans différentes sélections et ils sont utiles dans les conditions du champ. Par exemple, Centennial est classée comme intermédiaire, mais dans les conditions du champ la résistance est suffisante pour faire en sorte que la maladie ne puisse constituer un problème, dans la plupart des cas. La résistance au *Fusarium* de la flétrissure s'obtient facilement, est incorporée sans difficulté et est très efficiente dans les conditions du champ, si bien qu'il n'y a aucune raison pour qu'une telle résistance ne soit pas incorporée dans tous les nouveaux cultivars. Bien que la résistance ne soit montré stable jusqu'à présent, nous sommes conscients du fait qu'il peut y avoir des différences dans l'agressivité du pathogène. Le criblage courant est fait à l'aide d'une seule culture du pathogène. Nous devons constamment chercher à maintenir et à transmettre des sources diverses de résistance.

Pourriture noire

La pourriture noire, *Ceratocystis fimbriata*, a constitué une maladie occasionnelle importante dans les zones de production de Louisiane. Nielsen (1970) citait le contrôle par voie chimique et sanitaire. Quelque attention a été portée à la recherche de variétés résistantes. Nielsen et Yen (1966) ont étudié plus de 600 cultivars provenant de sources mondiales. Ils manifestaient tous des symptômes de la maladie mais certains étaient plus graves que d'autres. Les six plus résistants provenaient d'Amérique du Sud, cinq du Pérou et un de l'Equateur. Cependant, Martin (1960) soulignait qu'il existait des différences de degré de gravité entre les cultivars. Il n'existe pas de source connue de résistance à la maladie qui se rapproche de l'immunité.

Pourriture du sol ou variole

La pourriture du sol, causée par *Streptomyces ipomoea* est très répandue aux Etats-Unis. Cette maladie a été signalée depuis l'Iowa jusqu'à la Louisiane et le New Jersey à la Californie (Nielsen 1970; Hernandez 1979). Techniquement, *Streptomyces* appartient aux Actinomycètes qui sont taxonomiquement plus près des bactéries que des champignons. Il est souvent placé avec les champignons, probablement par facilité. Le pathogène est tellurique et peut détruire la culture sous la surface du sol et dans les conditions climatiques favorables au développement de la maladie. Celle-ci est souvent grave dans les sols dont le pH est de 5,8 ou plus, alors qu'à un pH de 5,2 ou inférieur les dégâts sont limités.

La sélection en vue de la résistance à la pourriture du sol a débuté en Louisiane vers 1946 et le cultivar Acadian fut diffusé et considéré comme modérément résistant en 1957. Jasper, diffusé en 1974, avait un niveau élevé de résistance à la pourriture du sol (Hernandez *et al.* 1974). En 1980, Travis, un cultivar doté d'une bonne résistance à la pourriture du sol, à la pourriture de la tige, au liège interne et aux nématodes du nœud de racine, fut mis au point (Hernandez *et al.* 1980).

Des extrêmes de sensibilité et de résistance peuvent exister par rapport à la pourriture du sol. La résistance seule paraît adéquate pour contrôler la maladie, mais la question est de savoir si différentes races du parasite peuvent exister. La maladie comporte deux phases, la phase de la radicelle qui affecte la croissance des tiges et le rendement total, et la phase variole qui est caractérisée par des lésions sur les racines de stockage. La résistance aux deux phases pourrait bien être héritée séparément.

Toutes les sélections du programme d'amélioration de la LSU sont criblées pour la résistance à la pourriture du sol. Les progrès accomplis dans la sélection de lignées parentales dotées de la résistance à la maladie sont présentés au Tableau 3. Le programme de sélection comprend une pépinière de résistance à la maladie dans laquelle seuls les parents résistant à la pourriture du sol et ayant de bonnes qualités horticoles sont cultivés. Parmi les seedlings sélectionnés en 1980,

presque 60 % s'étaient montrés dans les tests intermédiaires à résistants vis-à-vis de la pourriture du sol. Les sélections qui n'ont pas au moins un niveau de résistance intermédiaire ne sont généralement pas prises en considération pour les tests ultérieurs. Chaque année, de nouveaux parents résistant à la pourriture du sol sont introduits dans cette pépinière et les parents les moins productifs sont retirés. La résistance à la pourriture du sol restera un critère de sélection important pour le programme de sélection en Louisiane à cause de l'importance de la maladie dans nos zones de production.

Tableau 3. Progrès accomplis dans la sélection de lignées parentales résistantes à la maladie dans la pépinière de patates douces sélectionnées de la LSU

Année	Pourcentages de parents résistant à la flétrissure due au			
	Fusarium	Liège interne	Nœud de racine	Pourriture du sol
1940	15	0	0	5
1950	50	15	8	10
1960	56	28	17	28
1970	80	65	23	72
1980	100	100	37	88

Pellicules

Les pellicules, causées par *Monilochaetes infuscans*, s'observent dans toutes les zones de production de patates douces, virtuellement dans le monde entier (Edmond et Ammerman 1971). Struble et Morrison (1963) et Nielsen et Yen (1966) ont criblé plus de 600 lignées pour leur réaction aux pellicules et ont observé des différences mineures pour la susceptibilité. Toutes les lignées montraient des symptômes de la maladie mais certains paraissaient moins graves que d'autres. Martin (1960) soulignait qu'il paraissait n'y avoir que peu de résistance valable aux pellicules. Martin *et al.* (1970) soulignaient qu'aucune patate douce n'était immunisée contre les pellicules. Ils pensaient que les « cultivars résistants » (ceux avec de petites lésions) présentaient peu d'intérêt pour un programme de sélection.

Il est relativement facile de lutter contre les pellicules par la rotation culturale, la lutte phytosanitaire et l'emploi de matériel de plantation sain. Etant donné la croissance lente du parasite, la longueur de la mince racine d'attache peut jouer un rôle dans l'incidence de la maladie, d'après Martin et Hernandez (1966), mais son importance est mineure. Etant donné l'absence de source utile de résistance, aucune recherche de cultivars résistant aux pellicules n'est effectuée.

NEMATODES

Les nématodes à nœuds de racine, espèce *Meloidogyne*, constituent un sérieux problème dans les zones de production de patates douces des Etats-Unis et spécialement dans les sols sableux (Morrison 1970 ; Hernandez 1979). L'espèce de *Meloidogyne* en cause comprend *M. incognita*, *M. hapla* et *M. javanica*. D'après Martin *et al.* (1966) et Brathwaite (1977), la nématode réniforme, *Rotylenchulus reniformis*, de même que certains autres nématodes peuvent causer des problèmes dans certaines zones.

Giamalva *et al.* (1963) a étudié la réponse de huit cultivars à *M. incognita*, *M. hapla*, *M. javanica* et *M. arenaria* et repérèrent deux cultivars résistant aux quatre espèces, Heartegold et Nemagold. Leur degré de résistance aux différentes espèces était variable. Jatala et Russell (1972) ont étudié

la nature de la résistance à *M. incognita* chez la patate douce. Ils ont rapporté que le taux de pénétration de la larve était beaucoup plus élevé chez le cultivar sensible que chez les cultivars résistants et s'élevait quand la température passait de 24 à 32° C. Ils pensaient que la résistance des cultivars était due à un exsudat de la racine.

Davide et Struble (1966) et Martin et Birchfield (1973) ont signalé que l'on pouvait isoler différentes races physiologiques de *M. incognita* sur la patate douce. L'existence de multiples races de *M. incognita* complique la recherche d'une résistance. Brathwaite (1977), discutant de la sélection pour la résistance à *M. incognita*, affirmait que certains croisements entre des parents résistants avaient pour résultat de créer une hypersensibilité. Jones *et al.* (1967) mentionnaient un bon niveau de réussite dans la sélection de lignées à haut degré de résistance aux nématodes. Dukes *et al.* (1978) avait annoncé la diffusion d'une lignée sélectionnée appelée W-51 à utiliser comme parent résistant au nœud des racines dans les programmes de sélection des patates douces. W-51 fut décrite comme très résistante à deux races de *M. incognita*, comprenant une race qui se développe sur d'autres cultivars résistants ainsi qu'à *M. javanica* et *M. hapla*.

Jones et Dukes (1980) ont étudié l'hérédité de la résistance aux nœuds des racines des patates douces, causée par *M. incognita* et *M. javanica*. Ils utilisèrent trois mesures de la résistance : le nombre d'amas d'œufs, l'indice de gale et l'indice de nécrose et mentionnèrent les estimations d'héritabilité de 0,69 ± 18, 0,78 ± 19 et 0,72 ± 20, respectivement, pour les trois mesures. Ils établirent que la résistance aux deux espèces n'était pas corrélée et suggérèrent une hérédité indépendante impliquant des gènes différents.

Misucara (1970) a classifié les seedlings de patate douce en résistants, modérément résistants et sensibles. Dans les croisements dont les deux parents étaient résistants, 79 % des seedlings étaient résistants à modérément résistants. Dans les croisements résistant x sensible, les seedlings étaient également répartis entre les trois classes. Dans les croisements de deux parents sensibles, 93 % de seedlings étaient sensibles. Il pensait que la résistance est un caractère quantitatif partiellement dominant régit par plusieurs gènes. Trois cultivars, Jewel, Jasper et Travis, ayant tous une bonne résistance à *M. incognita*, ont été diffusés (Hernandez 1979 ; Hernandez *et al.* 1980).

Le programme de sélection de Louisiane continue de mettre l'accent sur la recherche de la résistance. Tous les seedlings sont criblés pour la résistance aux nœuds des racines. Une pépinière qui réunit seulement les lignées parentales résistantes et a de nombreux bons caractères horticoles, a été installée. Les sélections résistantes ne sont pas à l'abri du parasite car il est reconnu qu'un faible taux de reproduction des nématodes persiste, mais des génotypes de patates douces résistant à toutes les races connues sont disponibles.

Les sélections de la LSU sont évaluées pour la résistance aux nœuds des racines dans un mélange sable-terre 1:1 (V:V) en serre. Les racines sont soigneusement examinées et évaluées sur la base des galles et des amas d'œufs. Plus de 85 % des seedlings testés en 1980 furent repérées comme intermédiaires ou meilleures en ce qui concerne la résistance aux nœuds des racines.

Les sélections avancées sont aussi criblées en serre pour la reproduction du nématode réniforme en utilisant les techniques de comptage des larves et des amas d'œufs. Le décompte total des nématodes par gramme de racine fibreuse (œufs et larves) variait de 3839 à 21 966. La variété Goldrush en contenait le moins et la variété Centennial était intermédiaire avec 8529 par gramme de racine. Toutefois, la résistance à la reproduction du nématode n'est pas liée à la croissance ni au rendement des cultivars en sol infesté parce que Goldrush est une des variétés les plus gravement atteintes alors que Centenial est moins gravement affectée.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYMOUS. 1978. Agricultural Statistics 1978 U. S. Dept. of Agric. U. S. Goy't Printing Office, Washington, D. C. p. 147-200.

BRATHWAITE, C. W. D. 1977. The response of sweet potato to nematode infection News letter of Inter. Trop Root Crops, No 10.

CUMMINGS, R W., Jr. 1976 Food crops in the low-income countries. The state of present and expected agricultural research and technology *In* — Working Papers, the Rockfeller Foundation 103 pp

DAVIDE, R G and F B. STRUBLE. 1966 Selection frome a field population for variability in *Meloidogyne incognita* on sweet potato Phil Agric. 50 (1) 15-29

DUKES, P D ALFRED JONES, F P CUTHBERT Jr and M. G HAMILTON. 1978. W-51 root knot resistant sweet potato germplasm HortScience 13 201-202

EDMOND, J. B and G R AMMERMAN 1971 Sweet potatoes Production, processing, marketing. Avi Publishing Co. Inc Westport, Conn 334 pp

GIAMALVA, M J., W. J MARTIN and T P HERNANDEZ 1963 Sweet potato varietal reaction to species and races of rootknot nematodes Phytopathology 53 1187-1189

HARMON, S A 1960 Genetic studies and compatibilities in the sweet potato (*Ipomoea batatas*). Ph. D. Dissertation Louisiana State University, USA 132 pp

HERNANDEZ, R P R J CONSTANTIN, H L HAMMETT, W J MARTIN, C A CLARK and L. ROLSTON. 1980 Travis an early high-yielding sweet potato cultivar La Agric Expt Sta Cir 112, 4 pp

HERNANDEZ, T P 1979 Genetic improvement of the sweet potato, *Ipomoea batatas* L. *In* First Annual Research Conference IITA, Ibadan, Nigeria, Oct. 15-19, 1979

HERNANDEZ, T P., T. HERNANDEZ, R J CONSTANTIN and W J MARTIN. 1974 Jasper: A soil rot resistant sweet potato La Agric Expt Sta Cir 100

HERNANDEZ, T P., T HERNANDEZ, R J. CONSTANTIN and R S KAKAR 1967. Improved techniques in breeding and inheritance of some of the characters in the sweet potato, *Ipomoea batatas* (L) *In* Proc. Inter Symp on Tropical Root Crops University of the West Indies 1 31-44

JATALA, P and C C RUSSELL 1972 Nature of sweet potato resistance to *Meloidogyne incognita* and the effects of temperature on parasitism J Nematology 4 1-7

JONES, ALFRED 1969. Quantitative inheritance of *Fusarium* wilt resistance in sweet potatoes. J. Amer. Soc Hort Sci 94 207-208

JONES, A. P D DUKES and F. P. CUTHBERT 1976. Mass selections in sweet potato: breeding for resistance to insects and diseases and for horticultural characteristics J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 :- 701-704

JONES, ALFRED and P D DUKES 1980 Heritabilities of sweet potato resistance to rootknot caused by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* J Amer. Soc Hort. Sci 105 (2) 154-156

KAKART, R J 1965 A study of the inheritance of *Fusarium* wilt resistance in sweet potato, *Ipomoea batatas* Ph D Dissertation Louisiana State University, USA 98 pp

MARTIN W J 1970 Virus diseases *In* Thirty years cooperative sweet potato research, 1939-1969. Southern Cooperative Series Bull 159 49-55.

MARTIN, W J., L W NIELSEN and L S MORRISON 1970 Diseases *In* Thirty years cooperative sweet potato research, 1939-1969 Southern Cooperative Series Bull 159 46-48

MARTIN, W J., and W BIRCHFIELD 1973 Further observations of variability in *Meloidogyne incognita* on sweet potato Plant Disease Reporter 57 199

MARTIN, W J 1967 Sweet potato disease and their control. *In* Proc. Ist Inter. Symp on Tropical Root Crops, University of the West Indies 2 1-12

MARTIN, W. J., W. BIRCHFIELD and T. P. HERNANDEZ. 1966. Sweet potato varietal reaction to the reniform nematode. Plant Disease Reporter 50 (7) : 500-502.

MARTIN, W. J. and T. P. HERNANDEZ. 1966. Scurf development in sweet potatoes as affected by length of the slender attachment root. Phytopathology 56 : 1257-1259.

MARTIN, W. J. 1960. Disease resistance in sweet potatoes. La. Agric. 3 (3) : 8-9.

MISUCARA, S. A. 1970. Effect of root knot nematodes, *Meloidogyne incognita* on sweet potato cultivars. Ph. D. Dissertation. Louisiana State University, USA.

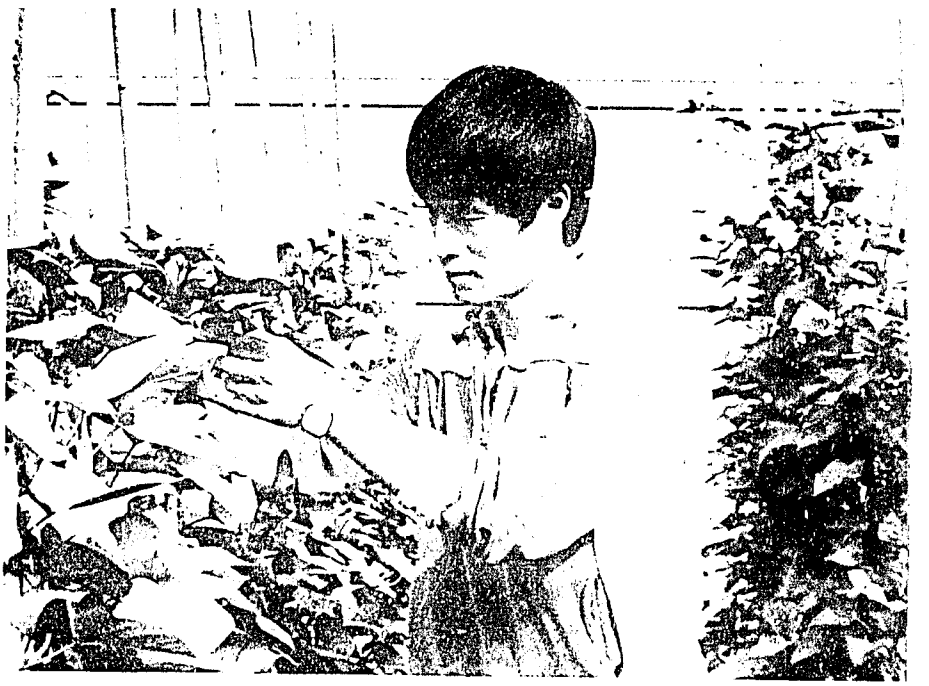
MORRISON, L. S. 1970. Nematode diseases. *In* Thirty years of cooperative sweet potato research, 1939-1969. Southern Cooperative Series Bull. 159 : 56-59.

NIELSEN, L. W. 1970. Fungus and miscellaneous diseases. *In* Thirty years cooperative sweet potato research. 1939-1969. Southern Cooperative Series Bull. 159 : 60-71.

NIELSEN, L. W. and D. E. [illegible]EN. 1966. Resistance in sweet potato to the scurf and blackrot pathogens. N. Z. J. Agric. Res. 9 : 1032-1041.

STRUBBLE, F. B. and L. S. MORRISON. 1963. Reaction of sweet potato to scurf. Plant Disease Reporter 47 (6) : 519-520.

WOOD, J. I. 1953. Three billion dollars a year. *In* Plant Disease : the Yearbook of Agriculture, 1953. A. stefferud (ed.) U. S. Gov't Printing Office. Washington, D. C. p. 1-9.



Examen des nouveaux matériels de reproduction de l'AVRDC

LA SELECTION DE LA PATATE DOUCE POUR LA RESISTANCE AU CHARANÇON

S. K. HAHN et K. LEUSCHNER
Institut International d'Agriculture Tropicale, PMB 5320, Ibadan Nigeria

INTRODUCTION

Les espèces de charançons de la patate douce qui ont une importance économique dans le monde sont *Cylas formicarius* (Fab) et *Cylas puncticollis* Boh. *C. formicarius* est pantropical alors que *C. puncticollis* est limitée surtout à l'Afrique tropicale (Leuschner 1979 b). Ces charançons sont les insectes les plus nuisibles pour la production des patates douces *(Ipomoea batatas* (L) Lam) dans les pays tropicaux et subtropicaux. Ils attaquent les racines de réserve, les feuilles et les tiges. Les larves creusent des galeries dans la moelle de la tige et détruisent souvent les pousses. Ils réduisent fortement la valeur marchande des racines de réserves et des feuilles et réduisent considérablement la qualité des racines de réserves après la récolte étant donné que celles-ci sont infestées et détruites rapidement au cours du cycle de vie de 20 à 30 jours des charançons. La perte de rendement due à ces insectes ravageurs fut estimée par Dhithendia (1919 cf Leuschner 1979 b) à 20 % au Texas, 12 % en Louisiane et 10 % en Floride.

Dans les systèmes culturaux traditionnels des pays tropicaux et subtropicaux, où les intrants sont rares, l'utilisation de mesures de lutte culturale et la culture de cultivars résistants sont les moyens les plus économiques pour lutter effectivement contre ces insectes.

Il existe plusieurs rapports (AVRDC 1975-77 ; Cockerham et Deen 1947 ; Cockerham *et al.* 1952 ; Rolston *et al.* 1979 ; Waddill et Conover 1978) au sujet de la résistance de la patate douce à *C. formicarius*.

Conscient de l'importance du probleme posé par ce ravageur, l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) a initié un programme de sélection de la patate douce pour la résistance en 1971. Depuis lors, beaucoup de génotypes de patates douces introduits d'Afrique, d'Asie et des Amériques ont été évalués pour leur résistance à *C. puncticollis*. Suite à cela, la résistance aux espèces a été identifiée (IITA 1972-1980 ; Leuschner 1980 ; Hahn 1981).

Cette communication passe en revue la résistance au charançon, le travail de sélection et entomologique, en se référant particulièrement aux résultats de recherche du programme d'amélioration de la patate douce de l'IITA pour la résistance à *C. puncticollis*.

EFFET DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES POPULATIONS DE CHARANÇONS

Les populations de charançons évoluent avec l'environnement, ce qui fournit d'utiles informations pour un criblage efficace du matériel en sélection pour la résistance au charançon.

Pendant la saison des pluies, le sol humide se fissure moins, et de ce fait, les racines de réserves sont moins accessibles aux charançons, qui ont aussi moins d'espace pour se reproduire. Bien que la patate douce ne soit pas cultivée commercialement pendant la saison sèche, sauf sur les terres irriguées ou hydromorphiques, la population de charançons augmente plus

rapidement sur une culture de saison sèche que dans la culture de saison des pluies. Ceci est tout particulièrement vrai quand la patate douce est laissée quelque temps sur le terrain sans être récoltée. Le matériel de plantation devrait pouvoir résister à la saison sèche, pour être disponible la saison des pluies suivante. Pour ces raisons, la résistance de la patate douce aux charançons est importante dans les régions tropicales et subtropicales à saison sèche de plus de deux mois par an.

Les charançons sont plus nombreux dans les sols argileux que dans les sols sableux parce que les premiers ont plus de fissures, et offrent donc plus de place pour la reproduction pendant que les racines de réserves se développent.

La population de charançons tend à diminuer quand l'altitude et la latitude augmentent, ce qui peut s'expliquer par l'abaissement de la température.

La rotation avec d'autres cultures, de même que le buttage, réduisent la population de charançons, alors que la culture continue de patates douces sur une grande échelle favorise l'installation de la population de charançons.

LES RAPPORTS PLANT DE PATATE DOUCE-CHARANÇON

La compréhension des rapports entre le plant de patate douce et le charançon est un préalable nécessaire pour le criblage du matériel en sélection pour la résistance au charançon.

Les charançons adultes se nourrissent des feuilles, des tiges et des racines de réserves. Cockerham (1954) a rapporté que les charançons préfèrent les racines de réserve aux feuilles et aux tiges dans un rapport d'environ sept sur un. Les femelles utilisent les racines de réserves pour l'oviposition plutôt que comme source d'aliments (Leuschner 1979 b). Mais dans les expériences les taux de mortalité d'une population de charançons augmentaient lorsqu'elle était élevée exclusivement sur des racines de réserves pendant cinq générations. Par ailleurs, la mortalité des charançons décroissait quand la population était nourrie de feuilles : les femelles pondaient plus d'œufs, ce qui indique que les feuilles sont essentielles pour que les adultes aient à leur disposition un régime équilibré (Leuschner 1979 b). Les charançons pondent leurs œufs sur les tiges pendant les premiers stades de croissance des patates douces quand les racines de réserves ne sont pas encore disponibles. Les tiges servent également de lieux de reproduction pour les charançons. Leuschner a observé une moyenne de trois à quatre larves sur les tiges principales à 20 cm au-dessus du sol. Les portions plus âgées, plus basses et plus coriaces de la tige sont préférées par les charançons aux parties plus jeunes, plus élevées et plus tendre. Les larves creusent leurs galeries dans la moelle tendre mais pas à travers les faisceaux vasculaires plus durs. Les dégâts occasionnés par les charançons aux tiges peut entraîner des pertes de rendement.

La reproduction a lieu surtout dans les racines de réserves. Les charançons ne restent pas profondément sous la surface du sol et ne peuvent creuser le sol pour atteindre les racines de réserve en profondeur. Ils n'attaquent normalement que les parties supérieures des racines de réserves qui sont exposées par les fissures du sol et par le grossissement des racines elles-mêmes. Les racines de réserves situées en profondeur ne sont pas facilement attaquées par les charançons à moins qu'ils y aient accès à travers les fissures du sol.

MÉTHODES DE CRIBLAGE ET D'ÉVALUATION DE LA RÉSISTANCE AUX CHARANÇONS

Le criblage de la résistance aux charançons est normalement effectué au champ pendant les saisons des pluies et sèches. Cependant, comme la population de charançons est plus élevée en

saison sèche qu'en saison des pluies, il serait préférable de cribler le matériel à sélectionner pour la résistance au charançon pendant la saison sèche. Pour les essais de saison sèche, la plantation de la patate douce est faite deux ou trois mois avant la fin de la saison pluvieuse de façon à assurer un bon démarrage de la végétation sous pluies, suivi par une bonne exposition des pousses et des racines de réserves à des populations de charançons élevées. Les clones en sélection sont évalués pour la résistance des pousses aux charançons avant la récolte et pour la résistance des racines au moment de la récolte.

L'évaluation des dégâts occasionnés aux racines est basée sur six classes d'infestation en fonction de la gravité de celle-ci : classe 0 - pas de dégât visible ; classe 1 - quelques petites piqûres d'adultes sur la surface de la portion supérieure près du cou de 1 % des racines ; classe 2 - petites piqûres d'adultes sur un cinquième de la surface de la portion supérieure de 5 % des racines ; classe 3 - piqûres modérées d'adultes et de larves sur un quart de la surface et de l'intérieur de la portion supérieure de 25 % des racines ; classe 4 - dégâts étendus causés par les adultes et les larves sur un quart de la portion supérieure de 50 % des racines ; et classe 5 - graves dégâts causés par les adultes et les larves sur le tiers supérieur ou plus de 75 % des racines.

L'évaluation des dégâts occasionnés aux pousses est basée sur six classes de gravité d'infestation sur feuilles et tiges y compris : classe 0 - pas de dégât visible ; classe 1 - piqûres d'adultes sur 1 % de la surface foliaire, mais ne causant pas la flétrissure des pousses ; classe 2 - piqûres d'adultes sur 5 % de la surface foliaire mais ne causant pas la flétrissure des pousses ; classe 3 - piqûres d'adultes sur 25 % de la surface foliaire et flétrissure atténuée des pousses (due principalement aux dégâts occasionnés aux tiges par les larves) ; classe 4 - piqûres sur 50 % de la surface foliaire et flétrissure prononcée des pousses ; et classe 5 - piqûres sur 75 % ou plus de la surface foliaire et dessèchement complet des pousses.

L'évaluation sur le terrain des clones sélectionnés sur la base des résultats préliminaires est poursuivie pour confirmation de leur résistance au fur et à mesure que les stades de sélection avancent. Les clones les plus prometteurs dans l'évaluation au champ sont testés une nouvelle fois en laboratoire pour reconfirmer leur résistance. Au cours du test au laboratoire, les racines de réserves de chaque clone sont testées pour l'émergence des charançons adultes, la préférence pour l'oviposition et pour l'alimentation, et pour la mortalité et la croissance des larves.

RÉSISTANCE DE LA PATATE DOUCE AU CHARANÇON

Beaucoup de clones de patate douce résistant aux charançons ont été identifiés, et leur résistance a été transmise à des cultivars et à des populations, étant donné que le programme de sélection pour la résistance au charançon a démarré à l'IITA en 1971 (IITA 1972-80). Toutefois leur degré de résistance au charançon n'a pas été quantifié, et le mécanisme de résistance en cause est resté inconnu jusqu'à récemment.

Les tests de résistance des racines de réserves et des pousses réalisés à la fois en saison sèche et en saison pluvieuse ont décelé des différences significatives entre les cultivars (Tableau 1). TIS 3053 et TIS 3030 montraient la plus petite moyenne de dégâts occasionnés à la racine par le charançon, tandis que TIS 2532, TIS 3017 et TIS 3030 montraient la plus petite moyenne de dégâts occasionnés aux pousses. Les rapports entre les dégâts de charançons sur les racines (Y) et sur les pousses (X) étaient hautement significatifs avec un coefficient de corrélation de $r = 0.74$ (Figure 1). Ce rapport très étroit montre que les différences entre les cultivars en matière de dégâts occasionnés par les charançons aux pousses correspondent à des différences similaires pour les racines de réserves. Par conséquent, il est possible d'accroître l'efficacité de la sélection pour la résistance des racines de réserves en évaluant la résistance des pousses en fin de saison sèche.

Les clones issus de quelques graines provenant de la source qui se montrait résistance à *C.*

punticollis fournie par la collection de l'IITA se montraient aussi résistants à *C. formicarius* (Rolston *et al.* 1979). Cependant, la question de savoir si la résistance à *C. puncticollis* resterait associée à la résistance à *C. formicarius* dans d'autres pays et continents mérite un examen plus approfondi.

Tableau 1. Dégâts dus au charançon africain de la patate douce sur les racines et les pousses et pourcentages de matières sèches pour 20 cultivars de patate douce

Cultivar	Dégâts de charançon (note)[z]		Matière sèche
	Racine	Pousse	
Tlb 4	3.3 a	4.6 ab	29.6
Tlb 11	3.2 ab	4.3 abc	26.5
TIS 1145	3.0 abc	4.5 ab	29.5
Tlb 2	2.9 abcd	5.0 a	28.9
TIS 2330	2.8 bcd	4.0 bcd	22.2
Tlb 10	2.7 cd	4.5 ab	30.1
TIS 3247	2.5 de	4.3 abc	28.4
TIS 3270	2.5 de	3.3 de	28.4
TIS 1487	2.3 ef	2.8 efg	32.7
TIS 2498	2.3 ef	3.0 ef	31.7
TIS 1499	2.2 efg	2.0 fgh	28.1
Tlb 8	2.0 fgh	2.8 efg	32.8
Tlb 9	2.0 fgh	3.0 ef	36.0
TIS 2532	1.9 fgh	1.0 i	29.3
TIS 3017	1.9 fgh	1.5 hi	32.1
TIS 3290	1.9 fgh	3.0 ef	34.1
TIS 2153	1.8 gh	3.0 ef	38.0
TIS 2154	1.8 gh	3.0 ef	37.6
TIS 3030	1.6 hi	1.8 ghi	31.1
TIS 3053	1.4 i	3.5 cde	29.4

[z] Notes de 0 à 5 : 0 = pas de dégât et 5 = graves dégâts.
Les moyennes qui dans une colonne sont suivies de la même lettre, ne sont pas significativement différente au niveau de 5 % selon le DMR test.

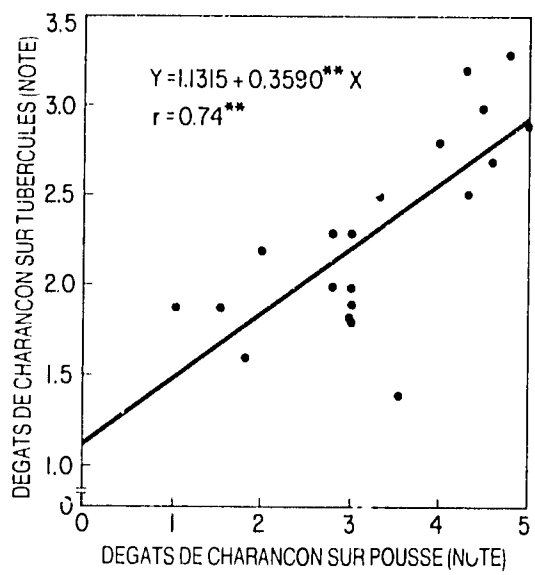


Figure 1. Relation entre les notes de dégâts dus au charançon, pour les racines et pour les pousses.

MÉCANISME DE RÉSISTANCE AU CHARANÇON

Les dégâts moyens dus aux charançons subis par les cultivars à chair orange étaient significativement plus graves que les dégâts moyens dus aux charançons subis par les cultivars à chair blanche (Tableau 1). Cependant, certains cultivars à chair blanche souffrirent autant que les cultivars à chair orange. Il est par conséquent difficile de savoir dans quelle mesure le caractère chair orange (associé à une haute teneur en carotène) peut influencer la résistance de la patate douce aux charançons.

La corrélation significative entre les dégâts causés aux racines de réserve par les charançons et ceux causés aux pousses peut signifier que les pousses jouent un rôle important en réduisant les dégâts de charançons sur les racines de réserve en réduisant la population de charançons sur le plant. Le fait qu'il y ait moins d'œufs déposés, et moins d'adultes qui en sortent, sur la tige des cultivars résistant aux charançons appuie cette hypothèse (Leuschner, résultats non publiés, 1979).

Aucune corrélation significative (r 0,24) ne fut observe entre les dégâts de charançons sur les racines de réserves, quelle que soit la variété testée, et le rendement en racines. Aucune corrélation significative n'existait non plus (r 0,04) entre les dégâts de charançons sur les racines de réserve quelle que soit la variété, et le poids moyen de la racine de réserve. Cependant, la corrélation des notes de dégâts sur les racines de réserves avec le pourcentage en matières sèches était de — 0,56 et hautement significatif (Hahn 1981). Ceci montre que les cultivars à pourcentage élevé de matières seches, et donc a teneur élevée en amidon, ont tendance à être moins fréquemment attaqués par les charançons. Contrairement au rapport de Cockerham et de Deen (1947) qui ont étudié *C. formicarius*, le pourcentage en matières sèches était associé de façon significative à la résistance au charançon. Les cultivars à pourcentage de matières sèches élevé montraient une tendance générale a une infestation plus faible par les charançons.

On ne sait pas si les différences qui existent entre les cultivars pour la résistance au charançon sont dues a des facteurs chimiques ou physiques des pousses ou des racines de réserves. Toutefois, la nature des rapports entre les dégâts occasionnés aux racines de stockage et le pourcentage en matières seches suggèrent que des facteurs chimiques ou physiques pourraient être associés soit a la non préférence, soit à l'antibiose contre les charançons. Dans deux expériences associées, les racines furent infectées avec un nombre égal de mâles et de femelles : cela fut répété encore quatre fois, en utilisant à chaque fois des insectes provenant d'une génération différente. Les charançons déposèrent un nombre d'œufs significativement inférieur sur les cultivars résistants TIS 3030, TIS 3017 et TIS 2532 que sur le cultivar sensible TIb 4 et ces œufs éclorent quatre à six jours plus tard que sur TIb 4. Les larves sur les cultivars résistants souffrirent de taux de mortalité plus élevés, et les mâles adultes montrèrent un gain moyen en poids inférieur (Leuschner 1979 a, 1979 b). Tous ces facteurs montrent nettement que le phénomène d'antibiose est le macanisme le plus plausible pour expliquer la résistance des racines de réserves. Cependant, ceci necessite une recherche complémentaire.

En vue de tester la préférence marquée par les larves pour la chair de différentes racines de réserve, deux cultivars connus pour leur résistance au charançon (TIS 2532 et TIS 3017) furent comparés à un cultivar sensible (TIb 4) en utilisant la « méthode du sandwich » (Leuschner et Tomu 1980). Des tranches d'une épaisseur uniforme de 3 mm furent découpées dans des racines de chacun de ces trois cultivars et superposées toutes ensemble suivant différentes combinaisons. Dans chaque cas les deux tranches externes du sandwich provenaient du même cultivar. Chaque sandwich fut placé entre des plaques de verre de façon à réduire la perte en eau. Les résultats montrèrent que les larves préféraient se nourrir de TIb 4 plutôt que sur TIS 2532 ou TIS 3017.

La relation étroite qui existe entre les dégâts infligés aux racines de réserve par les charançons et ceux des pousses pour la même variété en saison sèche montre qu'il pourrait être possible d'améliorer la résistance de la patate douce aux charançons par des croisements entre clones ou entre des plants individuels de familles qui survivent en saison sèche. La plupart des génotypes de patate douce fleurissent, dans les conditions de l'IITA, en saison sèche pendant laquelle les jours sont plus courts et la température plus fraîche que pendant la saison humide. L'héritabilité au sens large de la résistance au charançon fut estimée à H = 0.84 ± 0.03 dans le test des pousses (Hahn 1981). L'estimation de l'héritabilité sur la base des résultats acquis pour la résistance des pousses était presque la même que celle basée sur les résultats pour la résistance des racines de stockage. Cette héritabilité élevée pour le test des pousses montre qu'il est possible d'appliquer les méthodes de sélection massale pour sélectionner des patates douces résistantes aux charançons en complément des méthodes classiques de sélection de la patate douce. Cependant, étant donné qu'une interaction appréciable cultivar × année était présente dans le test des racines et qu'une interaction cultivar × site était observée lors du test sur les pousses, il est nécessaire d'examiner les résultats des tests de résistance aux charançons sur le terrain avec beaucoup de prudence.

CONCLUSION

Des sources de résistance de la patate douce à *C. puncticollis* existent à la résistance a été transférée à des cultivars et à des populations. L'antibiose semble constituer le mécanisme le plus probable régissant la résistance des racines et des pousses de patate douce aux charançons. Que les charançons femelles préfèrent pondre leurs œufs sur les variétés sensibles, que l'éclosion des œufs soit retardée sur les variétés résistantes chez lesquelles la mortalité des larves est plus élevée et le gain de poids des adultes plus basse, sont des faits qui appuient cette hypothèse.

BIBLIOGRAPHIE

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1975-77. AVRDC Annual Reports.

COCKERHAM, K. L. and O. T. DEEN. 1947. Resistance of new sweet potato seedlings and varieties to attack by the sweet potato weevil. J. Econ. Entomol. 40: 439-441.

COCKERHAM, K. L. and P. K. HARRISON. 1952. New sweet potato seedlings that appear resistant to sweet potato weevil attack. J. Econ. Entomol. 45: 132.

COCKERHAM, K. L., O. T. DEEN, M. B. CHRISTIAN and L. D. NEWSAM. 1954. The biology of the sweet potato weevil. La. Agric. Expt. Sta. Tech. Bull. 483.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. 1972-80. IITA Annual Reports.

HAHN, S. K. and K. LEUSCHNER. 1981. Resistance of sweet potato cultivars to African sweet potato weevil. Crop Sci. 21(3) (in press).

LEUSCHNER, K. 1979a. 1979 IITA Annual Report.

LEUSCHNER, K. 1979b. 1979b Screening for sweet potato weevil resistance. *In* Proc. 5th Symp. Inter. Soc. Trop. Root Crops (in press).

LEUSCHNER, K. and ANOTA TOMU. 1980. IITA Annual Report.

ROLSTON, L. H., T. BARLOW, T. HERNANDEZ and S. S. MALAKHE. 1979. Field evaluation of breeding lines and cultivars of sweet potato for resistance to the sweet potato weevil. HortScience 14 : 634-635.

WADDILL, L. W. H. and R. A. CONOVER. 1978. Resistance of white-fleshed sweet potato cultivars to the sweet potato weevil. HortScience 13 : 476-477.

PROGRES DE LA SELECTION DE LA PATATE DOUCE POUR LES RESISTANCES AUX INSECTES DU SOL DU COMPLEXE WDS

A. JONES, J. M. SCHALK et P. D. DUKES
Département d'Agriculture des E.U., Administration de la Science et de l'Education, Recherche Agronomique. Laboratoire de Cultures Maraîchères E.U., 2875 Savannah Highway, Charleston, South Carolina 29407, USA.

INTRODUCTION

Au Laboratoire des Cultures Maraîchères des E.U., à Charleston, Caroline du Sud, nous réalisons un programme global de sélection de la patate douce (Jones *et al.* 1976) dont l'objectif premier est de creer de nombreuses lignées sélectionnées résistant aux insectes nuisibles que nous pourrons utiliser, de même que d'autres chercheurs, pour accroître les rendements commercialisables et diminuer les frais de production. Notre second objectif est de créer des cultivars qui possèdent des résistances à divers maladies et insectes ravageurs, tout en tenant compte des nombreuses exigences culturales et culinaires de l'industrie de la patate douce aux E.U.. Le travail est mené par les auteurs en coopération très étroite avec le Dr M.G. Hamilton de l'Université Clemson, Station Expérimentale d'Edisto, près de Blackville, Caroline du Sud, environ 100 milles à l'ouest de Charleston. De même, nous collaborons étroitement avec d'autres scientifiques des E.U.. A l'origine, Mr. F. P. Cuthbert, Jr (USDA, retraité) était l'entomologiste de cette équipe et nous devons beaucoup de nos premiers résultats à ses travaux.

Nous suivons les méthodes de sélection de masse préconisées par Jones (1985) à l'aide de populations de patates douces provenant d'origines diverses. Les populations pour la sélection massale ou les pépinières de polycross sont cultivées sous treillis grillagé isolées de toutes autres patates douces en floraison, tous les croisements s'accomplissant par voie entomophile naturelle (Jones 1980). La sélection massale est utilisée pour combiner les différents caractères aussi rapidement que possible et pour favoriser l'expression de caractères recherchés tels que les hauts niveaux de résistances, la chair orange foncée, les rendements élevés, les bonnes qualités à la cuisson et pour la conserverie, et ainsi de suite. Dans le processus de sélection massale, chaque cycle génétique progresse de vraie semence à vraie semence (Figure 1). En d'autres mots, aucune plante sélectionnée n'est introduite à nouveau au cours des générations suivantes. Seule la vraie semence provenant de plants sélectionnés est utilisée. Ceci permet des progrès plus rapides en augmentant les niveaux d'expression de caractères désirables et la reproduction sexuelle chaque année, et des progrès très rapides en direction d'objectifs circonscrits (Cuthbert et Jones 1972). Récemment, nous avons opté pour un cycle bisannuel, de façon à sélectionner des caractères tels qu'une bonne durée de conservation et de bonnes aptitudes culturales et à permettre un criblage pour la résistance aux insectes en deux ans et éviter ainsi des problèmes associés à une guérison des lésions (Jones *et al.* 1976).

Les sélections issues de populations soumises à la sélection massale sont utilisées en pépinières de polycross avec d'autres sélections de provenance variée. La pépinière en polycross est limitée à 30 entrée et les plants sont utilisés pendant autant d'années qu'il semble désirable. Chaque année de nouvelles sélections sont ajoutées et à chaque fois, certaines lignées doivent être retirées. En limitant le nombre d'entrées du polycross, une pépinière de sélection dynamique

s'améliorera certainement graduellement chaque année (en supposant que notre sélection ait été efficace). Ainsi, dans cinq ou dix ans, nous croiserons un assortiment de plants différent, meilleurs que ceux utilisés actuellement, plutôt que de cribler des seedlings issus des mêmes croisements que cette année ou même qu'il y a cinq ou dix ans (une situation qui, malheureusement, paraît être trop souvent le cas dans beaucoup de programmes de sélection).

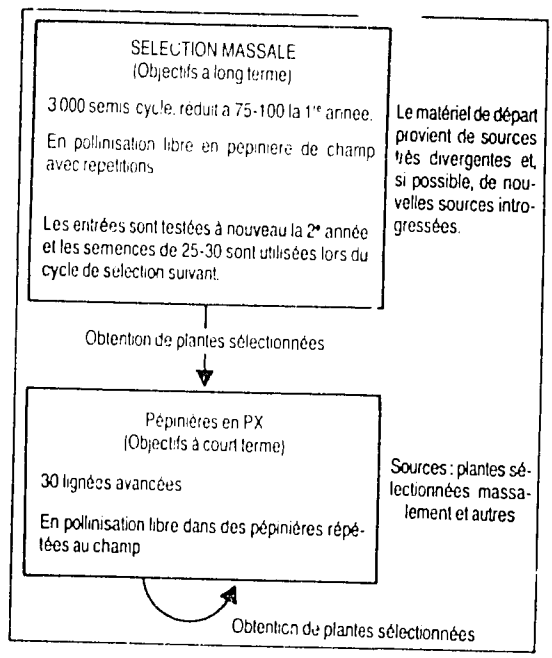


Figure 1. Schémas de sélection suivis au Laboratoire de Cultures Maraîchères E U de Charleston, SC, où la sélection massale est utilisée pour sélectionner des lignées de diverses origines génétiques et où les sélections sont introduites dans des pépinières en polycross avec des lignées provenant d'autres sources, et qui semblent prometteuses comme cultivars

PREMIERES ETUDES SUR LES INSECTES DU SOL

Cuthbert et Reid (1965) ont mentionné 14 espèces d'insectes qui se nourrissent des racines de patates douces aux E U et Cuthbert (1967) a étendu cette liste pour inclure 19 espèces (Tableau 1). Il est difficile de distinguer les dommages occasionnés par les uns et les autres à la récolte, après que les insectes soient partis et que les dommages aient été modifiés par la croissance ultérieure des racines. Pour la commodité, nous criblons pour la résistance en évaluant quatre types de dégâts. Les dégâts occasionnés par les larves sont facilement reconnaissables aux sillons, larges mais habituellement peu profonds, creusés dans les racines. Les coléoptères, en se nourrissant sur la patate douce, laissent d'étroites rainures ou sillons juste sous l'épiderme de la racine qui se distinguent facilement des autres types de dégâts. Les charançons de la patate douce sont généralement étudiés, dans des conditions contrôlées et sont une des rares espèces chez lesquelles l'insecte se trouve toujours dans la racine au moment de la récolte où il peut être identifié directement. De nombreux insectes forent des trous ou laissent des cicatrices dans les racines qui peuvent être fermées au moment de la récolte et déformées par le grossissement de la racine. Nous évaluons ces dommages à l'aide d'un indice de dégâts occasionnés par le complexe du ver fil de fer — Diabrotica — Systena (WDS) comme établi par Cuthbert et Davis (1970). On trouve très souvent une résistance qui est efficace contre le complexe entier, mais quelquefois des lignées qui paraissent résistantes dans un environnement peuvent paraître plus susceptibles à un

autre endroit, ce qui est dû apparemment aux différents mélanges des espèces du WDS. Cependant, il est difficile de définir quelles sont les espèces qui sont responsables des différences entre les localisations, à moins que des études de la population insecte adulte soient faites ou que les populations larvaires du sol soient surveillées.

En 1966, les premières évaluations de matériels issus du programme de sélection massale pour leurs résistances WDS furent réalisées par Cuthbert et Davis (1970) qui avaient cherché des résistances dans d'autres sources des E.U. depuis 1961 avec relativement peu de succès. De la semence vraie de C 4 (sélection massale de la population C, génération 4) fut criblée par leurs soins, et, bien qu'il n'y ait pas eu de sélection préalable excepté pour la floraison et la grenaison, la population montra une fréquence élevée de résistance au WDS. Cinquante des 485 seedlings testés avaient une résistance supérieure à celle de la variété Centennial et aussi bonne que celle de L3-64, la meilleure lignée repérée dans les tests précédents. Nous attribuons cette haute fréquence de résistance à la base génétique beaucoup plus large de la population C que celle des autres programmes de sélection EU à ce moment. Ce fut le début de notre travail coopératif pour la création de lignées résistantes aux insectes à utiliser pour la mise au point de cultivars.

Tableau 1. Insectes du sol s'attaquant à la patate douce aux Etats-Unis

Nom scientifique	Nom commun description
Complexe WDS (sélection pour la résistance sur la base de dommages similaires)	
Conoderus falli Lane	Ver de fil de fer de la pomme de terre du sud
C. vespertinus Fabricius	Ver fil de fer du tabac
Diabrotica balteata LeConte	Scarabée rayé du concombre
Systena blanda Melsheimer	Puceron à raies pâles
S. elongata Fabricius	Puceron allongé
S. frontalis Fabricius	Une puce coléoptère
Diabrotica undecimpunctata howardi Barber	Scarabée tacheté du concombre
Vers (sélection pour la résistance sur la base de dommages similaires)	
Phyllophaga crinita Say	Un ver blanc
Pectinophora gossypiella Chapin	Un ver blanc
Puce coléoptère de la patate douce (sélection pour la résistance sur la base de dommages typiques)	
Chaetocnema confinis Crotch	Puce coléoptère de la patate douce
Charançon de la patate douce (sélection pour la résistance en test contrôlés)	
Cylas formicarius elegantulus Summers	Charançon de la patate douce
Autres (pas de sélection pour la résistance sauf en association avec les groupes ci-dessus)	
Conoderus amplicollis Gyllenhal	Ver fil de fer du gou...
Euscopteris semilineatis Walker	Foreur du prunier américain
Melanotus communis Gyllenhal	Un ver fil de fer
Metmonasca sp.	Scarabées des tortues
Notoxus calcaratus Horn	Un scarabée de fleur
Peridroma saucia Hubner	Chenille bariolée
Scolytus	Scarabée ambroisie
Typophorus nigritus viridicyaneus Crotch	Scarabée de la feuille de patate douce

LA SELECTION MASSALE POUR LA RESISTANCE AU WDS

Après avoir enregistré de premiers succès, nous avons intensifié nos efforts et initié un pro-

gramme de sélection récurrente sans appliquer d'autre sélection que celle pour les résistances aux insectes du sol. Un test comparatif fut réalisé en utilisant la semence restante de C 4 comme témoin de la population de départ et un échantillon au hasard des semences pollinisées librement issues des plants résistants après trois cycles de sélection (Cuthbert et Jones 1972). Le pourcentage de clones à niveau de résistance acceptable avait augmenté de 10 à 31 %. De plus, 5 % des seedlings issus de la population sélectionnée avaient des niveaux de résistance plus élevés que ceux de la population témoin. Ainsi, en seulement trois générations de sélection nous avions accru de façon marquée non seulement la fréquence des résistances mais aussi les niveaux de la résistance. Les études des associations avec d'autres caractères ont montré que le contrôle génétique de la résistance était également indépendant de celui d'autres caractères recherchés (Jones et Cuthbert 1973).

Deux lignées sélectionnées résistantes aux insectes (W-13 et W-178) furent diffusées aux autres sélectionneurs en 1975 par Jones, Duke et Cuthbert. Ces lignées possédaient aussi d'autres caractères utiles comme les résistances aux nématodes des nœuds de racines et aux maladies, une chair orange, et une bonne floraison et grenaison. La résistance aux insectes de W-13 s'est montrée plus efficace que les produits chimiques les plus communément recommandés, pour réduire les dégâts d'insectes aux racines (Cuthbert et Jones 1978). Même un niveau intermédiaire de résistance donnait un aussi bon contrôle que le produit chimique appliqué à un cultivar très susceptible.

LA COMBINAISON DE LA RESISTANCE AU WDS AVEC D'AUTRES CARACTERES

Les sélections résistantes aux insectes obtenues par ce premier travail furent utilisées en combinaison avec des plants d'autres provenances pour initier une nouvelle population pour sélection massale marquée « L ». Une sélection consécutive a été conduite dans cette population en vue de combiner la résistance au WDS avec tous les autres caractères nécessaires pour faire un cultivar réussi. Les progrès enregistrés dans ce sens ont été très encourageants (Jones *et al.* 1976). Cette population, actuellement à son dixième cycle de sélection, possède des fréquences et des niveaux de résistance élevés contre les insectes, les nématodes, et les maladies, de même qu'une chair orange, une bonne aptitude pour la conservation, un bon enracinement, et de bonnes qualités culinaires et culturales. Toutefois, aucune lignée de patate douce acceptable à tous pointe de vue aux yeux de l'industrie US n'a encore pu être diffusée.

HERITABILITE ET MECANISMES DE RESISTANCE AU WDS

L'héritabilité de la résistance de la patate douce au WDS a été estimée à 0,37 ± 0,11 (Jones *et al.* 1979), mesurée par le même système d'indexation que pour les travaux précédents. Le travail de Cuthbert et de Davis (1971) laissait supposer qu'un facteur majeur pour la résistance au WDS était localisé dans l'épiderme, mais qu'il n'avait pas été identifié. Aujourd'hui nous en savons à peine plus au sujet du mécanisme de résistance en cause. Ainsi, le succès de notre sélection après des années a été acquis malgré une information de base très limitée. Etant donné que nous ne connaissions ni le mécanisme ni le contrôle génétique de celle-ci, nos techniques pourraient être qualifiées de plutôt grossières. Néanmoins, les techniques de sélection massale ont fonctionné admirablement.

PROGRES ET BESOINS FUTURS

Pour maintenir le rythme de progrès en matière de sélection pour la résistance au WDS, il sera probablement nécessaire d'améliorer nos techniques dans le futur. Nous avons besoin de meilleures définitions des mécanismes génétiques et physiologiques qui sont en cause, et nous avons besoin d'atteindre une infestation d'insectes plus uniforme (évaluations), pour réduire les effets de fuites. Les travaux récents ont été consacrés à ces problèmes et nous sommes capables maintenant de procéder à des infestations artificielles de *Diabrotica balteata*, œufs Le Conte en petites parcelles d'essai (Schalk *et al.* 1979).

Chaque année, nous sélectionnons un nombre limité de clones qui semblent suffisamment prometteurs pour justifier la poursuite des études comme cultivars ou lignées sélectionnées potentiels. Une mesure de notre succès dans la recherche de la résistance au WDS est fournie par l'amélioration de nos sélections avancées pour ce caractère (Tableau 2). De 1974 à 1979, nous avons élevé le pourcentage de nos lignées résistantes au WDS d'environ 45-50 % à environ 70-75 %. En 1979, nous avons légèrement réduit la sélection pour la résistance aux insectes afin de permettre une pression de sélection accrue pour les rendements élevés et la résistance à la pourriture du sol causée par *Streptomyces ipomoea* (Person et Martin) Waksm et Henrici. La résistance à la pourriture du sol fut acquise à partir de lignées sensibles aux insectes, ce qui explique que la fréquence des lignées résistantes aux insectes récupérées fut limitée. Au cours d'une période de six années, nous avons créé 150 sélections avancées et 62 % de celles-ci ont présenté la résistance au WDS.

Tableau 2. Progrès des sélections avancées de patate douce pour la résistance au complexe WDS des insectes du sol, 1974-1979 [z]

Niveau de résistance	Année						Nombre total de lignées	Pourcentage de lignées
	1974	1975	1976	1977	1978	1979 [y]		
	(pourcentage de lignées)							
Très résistant	21	11	19	20	31	19	31	21
Résistant	25	44	33	56	46	46	62	41
Intermédiaire	43	17	37	20	23	27	43	29
Sensible	11	28	1	4	0	8	14	9
Nombre total de lignées	28	18	2.	25	26	26	150	100

[z] WDS : ver fil de fer - *Diabrotica* - *Systena*

[y] Sélection mitigée pour la résistance au WDS afin de permettre la sélection pour la résistance à la pourriture du sol provenant de sources sensibles au WDS.

Une autre mesure de l'avancement de nos travaux serait d'observer nos plus récents sélections résistantes au WDS et de noter quelles sont leurs autres qualités (Tableau 3). Manifestement, la résistance au WDS est présente dans des lignes avec beaucoup d'autres combinaisons de caractères recherchés. Récemment, six lignées sélectionnés, W-71, W-115, W-119, W-125, W-149 et W-154, possédant de bonnes combinaisons des caractères résistance aux insectes et aux maladies, qualités culinaires, production et floraison, furent diffusées (Jones *et al.* 1980). Apparemment, notre sélection continue à être favorable et nous pouvons espérer atteindre notre objectif, à savoir un cultivar résistant au WDS, dans un proche avenir.

Tableau 3. Combinaisons de caractères[z] des sélections récentes de patates douces résistantes au WDS

Entrée	Liège interne[y]	*Fusarium*[x]	Nœuds des racines du sud[w]	Rouille sclérotique[v]	WDS[u]	Puce scarabée[t]	Vers blancs[s]	Charançon[r]	Rendement[q]	Indice de cuisson[p]	Indice pour la conserverie[p]
W-71	R	HR	R	LS	HR	R	I	R	80	96	—
W-99	R	I	R	IS	R	R	I	I	127	85	112
W-115	R	R	R	IS	R	HR	I-R	R	133	111	94
W-119	R	HR	HR	IS	HR	R	R	R	101	112	105
W-125	R	R	R	IS	R	HR	R	I-R	119	102	105
W-138	—	I-R	HR	LS	R	R	R	S	106	92	—
W-149	—	HR	HR	IS	R	R	I-R	R	121	104	107
W-151	—	I-R	R	LS	R	I	R	I	102	102	106
W-152	—	I-R	HR	LS	R	R	R	I-R	166	98	111
W-154	—	R	HR	HS	R	R	R	I-R	133	82	—
W-155	—	HR	R	IS	R	R	I	S	105	68	—
Controls											
Jewel	R	HR	R	LS	S	R	S	S	100	100	100
Centennial	I	I	S	LS	S	R	S	S	—	—	—
Nemagold	S	S	HR	LS	R	I	S	—	—	—	—

11 entrées - 3 témoins : Jewel, Centennial, Nemagold.

[z] : HR = hautement résistant, R = résistant, I = résistance intermédiaire, I-R = intermédiaire mais plutôt résistant, S = susceptible.

[y] : Liège interne : est une maladie virale. Les lésions se développent dans les racines stockées.

[x] : Flétrissure du *Fusarium* : connue aussi sous l'appellation de pourriture de la tige causée par *Fusarium oxysporum* f sp *batatas*.

[w] : Nœuds des racines du sud : *Meloidogyne incognita*

[v] : Rouille sclérotique : causée par *Sclérotium rolfsii* LS = faible sensibilité IS = sensibilité intermédiaire HS = hautement sensible

[u] : WDS : le complexe ver fil de fer - *Diabrotica* - *Systena* des insectes du sol, voir texte.

[t] : Puce scarabée : *Chaetocnema confinis* larve

[s] : Vers blancs : *plectris aliena*

[r] : Charançon : *Cylas formicarius elegantulus*. R = 65-70 % du témoin et I-R = 50-64 % du témoin comparé à Centennial quand la moyenne est calculée sur 6 à 13 observations de laboratoire ou de terrain.

[q] : Rendement : relatif à Jewel.

[p] : Indice de cuisson

[p] : Indice pour la conserverie

Ce deux indices sont fournis par R.A. Baumgardner, Département d'Horticulture, Université de Clemson, Clemson, Caroline du Sud.

BIBLIOGRAPHIE

CUTHBERT, F. P., Jr. 1967. Insects affecting sweet potatoes. USDA Agric. Handbook No. 329. 27 pp.

CUTHBERT, F. P. Jr. and B. W. DAVIS, Jr. 1970. Resistance in sweet potatoes to damage by soil insects. J. Econ. Entomol. 63 : 360-363

CUTHBERT, F. P., Jr. and B. W. DAVIS, Jr. 1971. Factors associated with insect resistance in sweet potatoes. J. Econ. Entomol. 64 : 713-717

CUTHBERT, F. P., Jr. and ALFRED JONES. 1972. Resistance in sweet potatoes to *Coleoptera* increased by recurrent selection. J. Econ. Entomol. 65 : 1655-1658

CUTHBERT, F. P., Jr. and ALFRED JONES. 1978. Insect resistance as an adjunct or alternative to insecticides for control of sweet potato soil insects. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 443-445

CUTHBERT, F. P., Jr. and W. J. REID, Jr. 1965. Four little-known pests of sweet potato roots. J. Econ. Entomol. 58 : 581-583.

JONES, ALFRED. 1965. A proposed breeding procedure for sweet potato. Crop Science 5 : 191-192.

JONES, ALFRED. 1980. Sweet potato. *In* W. R. FEHR (ed.) Hybridization of Crop Plants. Amer. Soc. Agronomy-Crop Sci. Soc. of America 677 S. Segoe Road, Madison, WI 53711. p. 645-655.

JONES, ALFRED and F. P. CUTHBERT, Jr. 1973. Associated effects of mass selection for soil-insect resistances in sweet potato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 : 480-482.

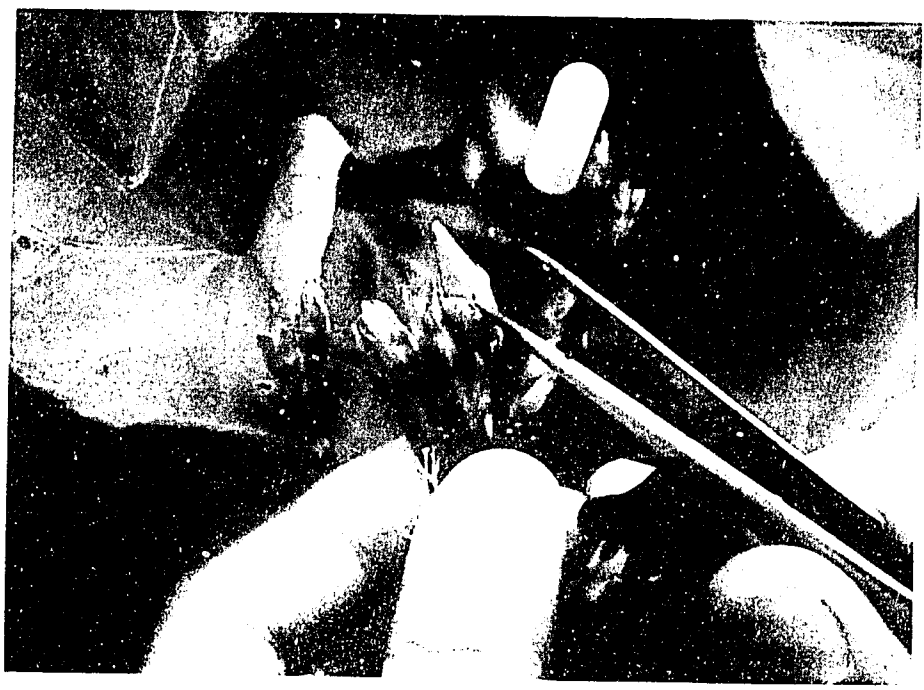
JONES, ALFRED, P. D. DUKES and F. P. CUTHBERT, Jr. 1975. W-13 and W-178 sweet potato germplasm. HortScience 10 : 533.

JONES, ALFRED, P. D. DUKES and F. P. CUTHBERT, Jr. 1975. 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, ALFRED, P. D. DUKES, F. P. CUTHBERT, Jr., M. A. MULLEN, M. G. HAMILTON, D. R. PATERSON and T. E. BOSWELL. 1980. W-71, W-115, W-119, W-125, W-149 and W-154 sweet potato germplasm with multiple insect and disease resistances. HortScience 15 : 835-836.

JONES, ALFRED, J. M. SCHALK and P. D. DUKES. 1979. Heritability estimates for resistance in sweet potato to soil insects. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 : 424-426.

SCHALK, J. M., A. JONES and C. CREIGHTON. 1979. Artificial infestation of sweet potato with banded cucumber beetle eggs. HortScience 14 : 740-741.



Fleurs de patate douce pollinisées à la main

SELECTION POUR AUGMENTER LA TENEUR EN PROTEINE DES PATATES DOUCES

L. LI
Station Experimentale d'Agriculture de Chiayi, Institut de Recherches Agronomiques de Taiwan, 2 Min-Cheng Rd, Chiayi 600, Taiwan.

INTRODUCTION

A Taiwan, plus de 70 % des patates douces sont utilisés pour l'alimentation des porcs et d'autres animaux. Les superficies cultivées en 1979 sont d'environ 10 millions d'hectares et la production totale est d'environ 150 millions de tonnes. L'importance des patates douces parmi les plantes cultivées se situe juste au-dessous de celle du riz. Cependant, la teneur en protéine des racines de patates douces est basse (environ 3-4 % en sec) quand on le compare aux autres plantes de culture sans irrigation. Pour cette raison, la sélection et l'hybridation pour relever la teneur en protéine et pour un potentiel productif élevé destiné à l'alimentation humaine et animale, est une tâche extrêmement importante dans le cadre de notre programme de recherches sur la patate douce. Les études concernant la teneur en protéine de la patate douce commencèrent en 1973 à la Station Expérimentale d'Agriculture de Chiayi, Institut de Recherches Agronomiques de Taiwan (TARI). La présente étude avait pour objectif de sélectionner des entrées de patates douces riches en protéines et à rendement élevé, et de rassembler quelques informations de base pouvant être utiles au programme de sélection.

MATERIELS ET METHODES

Pour déterminer la variation de la teneur en protéine de la patate douce, 141 variétés locales, 60 variétés améliorées et 93 introductions étrangères furent cultivées avec des méthodes culturales similaires en plantation d'automne (août 1972). La teneur en protéine des racines et des extrémités de tiges (pousses de 40 cm de long) fut déterminée par la méthode Kjeldahl utilisant le facteur N × 6,25. Les échantillons pour les analyses de protéine furent constitués d'échantillons élémentaires prélevés dans chaque parcelle. Toutes les déterminations de protéine furent faites en double exemplaires sur la base des matières sèches (à 5 % d'humidité).

Les données au sujet des facteurs agissant sur la teneur en protéine des patates douces provenaient de quatre essais.

L'essai 1 examinait les effets de l'azote (50 et 150 kg/ha), du potassium (100 et 200 kg/ha) et de l'écartement des plants (100 cm × 20 cm et 100 cm × 30 cm) sur la teneur en protéine de deux variétés de patate douce (Okinawa et Red Tuber Tail). Cet essai comportait 16 traitements qui étaient comparés grâce à un dispositif en blocs disposés au hasard avec quatre répétitions. Les effets saisonniers sur la teneur en protéine furent déterminés en évaluant les 16 traitements au printemps (mars), en automne (août) et en hiver (octobre). Un échantillon composite des racines et des pousses, provenant de quatre répétitions de chaque traitement fut analysé pour chaque essai.

L'essai 2 mesurait l'effet des différentes années sur la teneur en protéine de 12 variétés de patates douces cultivées à Chiayi. Un dispositif en blocs au hasard à trois répétitions fut utilisé. L'échantillonnage fut réalisé de la façon décrite pour l'essai 1.

Dans l'essai 3, les effets de localisation, de variété et leur interaction furent calculés en analysant les teneurs en protéine de dix variétés cultivées en automne en cinq localités en 1975. Ces tests furent cultivés selon un dispositif en blocs au hasard avec six répétitions. L'homogénéité des variances de l'erreur fut testée à l'aide du test de Bartlett et une analyse combinée de la variance fut effectuée.

L'essai 4 concernait l'hérédité de la teneur en protéine et ses rapports avec le rendement chez les patates douces. Une étude parent-descendance de 30 clones parents et de leur descendance respective en pollinisation libre (génération F5) fut conduite sur une culture durant une année. Le dispositif expérimental dans chaque environnement consistait en des blocs disposés au hasard répétés trois fois, et 12 plants par parcelle. Les caractères étudiés dans les études de corrélation comprenaient : la teneur des racines en protéine brute exprimée en pourcentage ; le pourcentage de solides solubles dans le jus de racines ; le pourcentage en matières sèches des racines ; la couleur de la chair de la racine ; le rendement en racines fraîches ; le rendement en matières sèches et le poids des tiges et des feuilles fraîches. Les résultats furent enregistrés sur la base d'un plant individuel par parcelle et l'analyse statistique fut calculée sur la base de la moyenne parcellaire. Les analyses statistiques furent calculées suivant les protocoles décrits par Jones (1969) et Falconer (1960).

Les résultats de rendement en racines fraîches, de pourcentage de teneur en protéine brute et de rendement en matières sèches fournis par les essais avancés de numéros de patates douces nouvellement sélectionnées, cultivées à trois endroits pendant une période de deux années, furent soumis à une analyse de stabilité. Neuf numéros et une variété de patate douce, à chaque localisation, furent testées suivant un dispos tif en blocs disposés au hasard à quatre répétitions. Les teneurs en protéine, basées sur un échantillon de trois à cinq racines choisis au hasard dans chaque parcelle furent mesurées dans chaque environnement. Le calcul des paramètres de stabilité fut effectué par des méthodes similaires à celles décrites par Tai (1971). La composition en acides aminés de la protéine de l'entrée de patate douce C 64-18 nouvellement sélectionnée, plantée en automne, fut déterminée au moyen d'un analyseur automatique d'acides aminés par le Département de Chimie Agricole, TARI, et le Département de Nutrition Animale, Institut de Recherches sur l'Elevage de Taiwan (TLRI), respectivement. Elle peut fournir de plus amples informations au sujet de la valeur nutritionnelle de cette patate douce nouvellement sélectionnée.

RESULTATS ET DISCUSSION

Différences variétales de la teneur en protéine

Les distributions fréquentielles des teneurs en protéine des racines et des extrémités de tiges (pousses de 40 cm de long) des différentes variétés sont données aux Figures 1 et 2, respectivement. La teneur en protéine des racines des différentes variétés de patate douce variait de 1,3 % à 10,1 %, et pour les pousses de 12,1 % à 25,7 % en poids de matières sèches. La plupart des variétés contenaient entre 4,4 % - 5,2 % pour les racines et entre 19,5 % - 20,5 % de protéine pour les pousses. Ces résultats montraient qu'il existait de grandes différences variétales dans la teneur en protéine des patates douces. Ces résultats concordent avec ceux mentionnés par Purcell *et al.* (1972), pour lesquels la teneur en protéine des différents cultivars et sélections variait de 1,7 % à 9,1 %. L'AVRDC (1974) également, a criblé 126 variétés de patates douces et a indiqué que les teneurs en protéine des racines variait de 2,2 % à 9,2 %, sur la base des poids en sec.

La teneur moyenne en protéine des racines de variétés indigènes était de 4,4 %, allant de 1,3 % à 7,2 %, et celle des variétés améliorées était de 4,7 %, allant de 2,5 % à 8,0 %, alors que pour les introductions étrangères la valeur moyenne était de 5,4 %, variant de 1,9 % à 10,1 %. Les introduc-

tions étrangères étaient plus riches en protéine et la variation était plus grande que pour les variétés introduites ou améliorées. Ceci montrait que l'utilisation d'introductions étrangères pourrait être très efficace pour l'amélioration de la teneur en protéine de la patate douce. La variation de la teneur en protéine des pousses était grande chez les variétés indigènes (12,1 % - 25,7 %) et chez les introductions étrangères (13,2 % - 25,3 %), mais faible chez les variétés améliorées (15,4 % - 23,3 %).

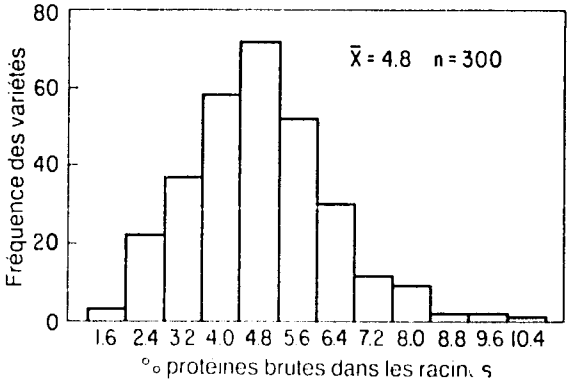


Figure 1. Distribution fréquentielle de la teneur en % de protéine brute des racines de variétés de patates douces plantées en automne

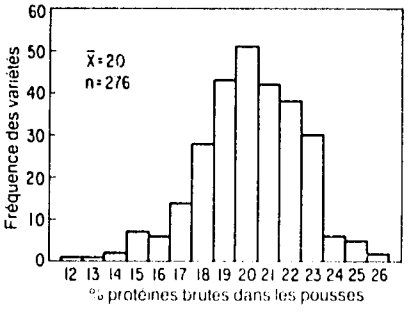


Figure 2. Distribution fréquentielle des teneurs en % de protéine brute des pousses de variétés de patates douces plantées en automne.

D'après cette étude, il semble clair que les variétés varient considérablement pour ce qui est de la teneur en protéine et qu'il pourrait être possible, grâce à des programmes de sélection, de sélectionner de nouvelles variétés à la fois pour le rendement élevé et la teneur en protéine élevée. Ces résultats concordent avec ceux de Purcel *et al.* (1972).

Influence de l'environnement sur la teneur en protéine

La teneur en protéine de dix variétés cultivées en cinq localités, et de 12 variétés cultivées pendant deux ans au même endroit est donnée aux Figures 3 et 4, respectivement. L'analyse de la variance montrait que les différences de teneur en protéine des racines selon les variétés, les localités et les années étaient significatives au seuil de 1 %. Les variétés cultivées dans les régions de Yunlin et de Tainan avaient généralement une teneur en protéine plus élevée que quand elles étaient cultivées dans d'autres localités. Porto Rico, une introduction des Etats-Unis, montrait la teneur moyenne en protéine des racines la plus élevée. La teneur moyenne en protéine des racines variait selon les variétés de 3,2 % à 8,3 %, selon les localités de 2,8 % à 6,5 %, et selon l'une ou l'autre des deux années de 4,3 % à 5,8 %. L'interaction variété x localité était hautement significative, ce qui montre l'importance de l'évaluation faite en différentes localités.

Il n'y avait pas d'interaction significative année × variété pour la teneur en protéine des racines indiquant que les variétés se classaient de façon similaire chaque année.

Les teneurs en protéine de deux variétés de patate douce avec un des deux niveaux d'azote, de potassium et d'écartement sont données au Tableau 1.

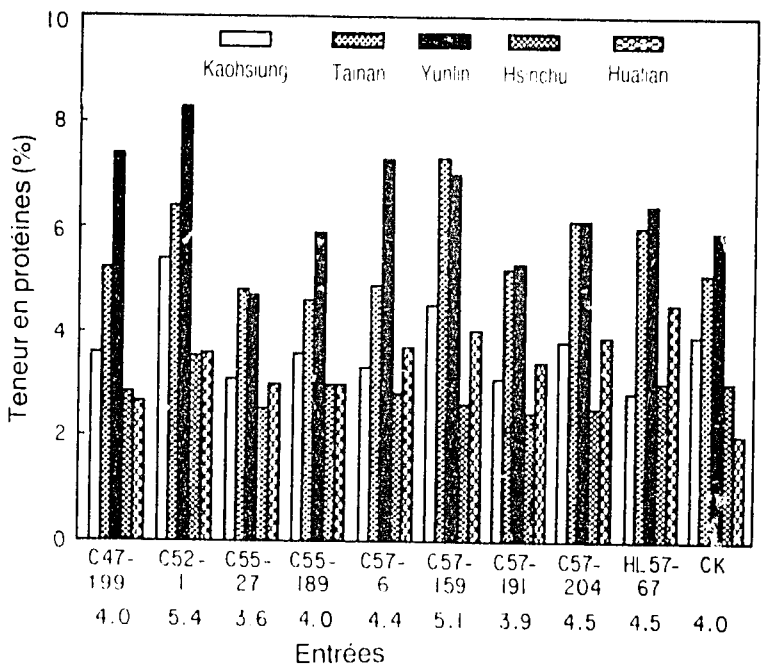


Figure 3. Pourcentage de teneur en protéine brute des racines de dix entrées de patates douces cultivées en automne en cinq localités. Les valeurs figurant sous le nom des entrées représentent la moyenne des teneurs de chaque année aux cinq localités.
% protéine 3,6 à 5,4

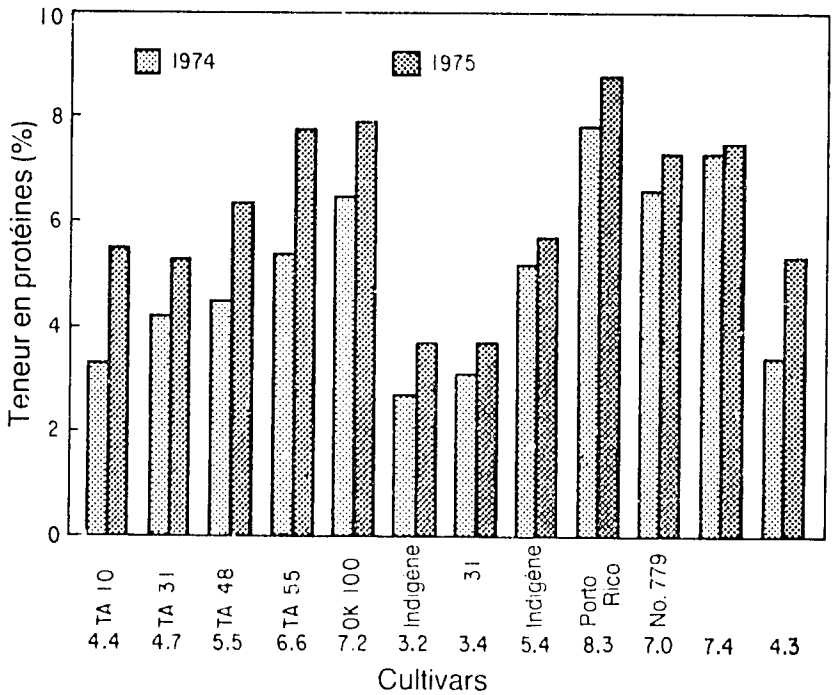


Figure 4. Pourcentage de teneur en protéine brute des racines de 12 cultivars de patate douce cultivés en automne pendant deux ans. Les valeurs figurant sous le nom des cultivars représentent la moyenne des teneurs en protéine des racines de chaque cultivar pendant deux ans.
% protéine indigène : 3,2 %
porto Rico : 8,3 %

D'une saison culturale à l'autre, des différences hautement significatives de teneurs en protéine des racines et des pousses furent observées, variant selon les variétés et selon les niveaux d'azote. Les différents niveau de potassium et les différents écartements entre plants n'eurent aucune effet sur la teneur en protéine. La teneur en protéine des racines fut relevée de 4,3 % à 5,3 % par des applications de 50 et 150 kg/ha d'azote, respectivement. De même, la teneur des pousses en protéine fut relevée de 17,1 % à 19,3 %, respectivement. Les différences de teneur en protéine des racines et des pousses à différentes saisons culturales furent également très significatives. La teneur en protéine des racines à différentes saisons culturales variait de 3,4 % à 6,1 % et celle des pousses variait de 17 % à 19,1 %. Les teneurs en protéine des plantations d'automne et d'hiver étaient significativement plus élevées que celles de la plantation de printemps. Les différences de teneur en protéine entre les plantations d'automne et d'hiver n'étaient pas significatives (Li 1975).

De plus, un essai au champ fut conduit à la ferme de Chiayi AES durant l'automne 1974. Okinaxa 100 et Red Tuber Tail furent cultivées à cinq niveaux d'azote (0, 80, 160, 240 et 320 kg/ha). La teneur en protéine des racines avait une tendance à augmenter avec l'application de 160 kg N/ha et les matières sèches à diminuer avec le dosage le plus élevé en azote (Li 1975). La plupart de nos résultats concordent avec ceux cités par Constantin *et al.* (1974) en ce sens que l'augmentation des niveaux d'azote jusqu'à 100,9 kg N/ha a pour résultat une croissance linéaire de la teneur en protéine des patates douces.

Tableau 1. Effets de différentes variétés, écartements entre plants, applications de N et de K sur la teneur en protéine des racines et des pousses de patate douce

Traitement	Teneur en protéine (%)							
	Automne		Hiver		Printemps		Ensemble	
	Racines	Pousses	Racines	Pousses	Racines	Pousses	Racines	Pousses
Variétés								
Okinawa 100	75	188	50	173	36	178	57	180
Red Tuber								
Tai	4[illegible]	194	39	196	31	162	39	184
Dose de N								
50 kg/ha	55	181	44	177	30	154	43	171
150	68	200	55	192	38	186	53	193
Dose de K								
100 kg/ha	60	187	49	180	35	171	48	182
200	67	194	50	180	33	169	48	181
Espacement des plants								
100 × 20 cm	62	192	49	181	34	173	48	182
100 × 20 cm	63	189	50	189	33	167	47	182
LSD 5%	0,53	0,58	0,31	0,76	0,22	0,76	0,24	0,39
5%	0,65	0,77	0,41	1,01	0,29	1,02	0,32	0,53

Automne : plantation le 15 août 1973, récolte le 13 janv. et 1974 (150 jours)
Hiver : plantation le 25 octobre 1973, récolte le 20 avril 1974 (168 jours)
Printemps : plantation le 10 mars 1974 et récolte le 6 août 1974 (150 jours)

Les différences de teneur en protéine de deux racines de taille différente du même emplacement n'étaient pas significatives (5,2 % pour les grandes racines supérieures à 300 g, et 5,4 % pour les petites racines inférieures à 160 g). Il est apparu que la teneur en protéine n'était pas uniformément répartie dans la racine. La concentration était la plus élevée à l'extrémité de la racine du côté de la tige. Il n'y avait pas de différence significative entre la teneur en protéine de la portion médiane de la racine et celle de l'extrémité de la racine opposée à la tige. La teneur en protéine dans les trois positions variait de 4,8 % à 5,7 %. La variation de la teneur en protéine des racines d'une butte, de la même variété, est relativement étendue (5,3 % à 6,5 %). Li (1975) attribuait ces variations à différents facteurs du milieu et de croissance.

Hérédité de la teneur en protéine et études de corrélation

La répartition des composantes génétiques des estimations de la variance en composantes additives (σ^2A), et additive x additive (σ^2AA) et non-additives apparaît au Tableau 2.

Les résultats combinés montraient qu'une grande partie de la variance phénotypique de la teneur en protéine s'expliquait par la composante génétique. La valeur de la composante génétique était 73 % (σ^2m σ^2p 0,326 0,449 0,73). La composante additive de la variance génétique était plus importante que la part non-additive pour la teneur en protéine des racines (σ^2A + ½ σ^2AA) σ^2m 0,257 0,326 0,79 (½ σ^2AA + non-additive) σ^2m 0,69 0,326 0,21 (Li 1977). Le calcul de l'héritabilité de la teneur en protéine donnait 57 %. Aucune estimation de l'héritabilité de la protéine chez les patates douces ne put être trouvée dans la littérature pour établir une comparaison avec la valeur obtenue dans la présente étude. Cependant, notre estimation de la H^2 de la protéine était plus élevée que celles obtenues pour la teneur en fibres et en d'autres caractères des patates douces (Jones *et al.* 1978). L'avance génétique prévue à partir de la sélection mas-

Tableau 2. Composantes génétiques de la variance, héritabilité, variance phénotypique, moyenne des parents et de la descendance, et pourcentage d'avance génétique pour chaque localité et pour les localités combinées

Localités	Partage de δ_m^2 entre les composantes de la variance génétique			h^2 (%)	δ_p^2	Moyenne des parents (%)	Moyenne de la descendance (%)	% d'avance génétique (avec une intensité de sélection de 10 %)	
	δ_A^2	δ_{AA}^2	Non-additive					Attendue	Observée
Shan Tzu Tin	0.34	0	0.12	55	0.62	5.13	5.43	7.41	7.18
Shui Yuan Ti	0.47	0	0	89	0.53	4.62	4.54	12.37	10.13
Combinées	0.26	0	0.07	57	0.45	4.87	4.98	6.92	7.23

Tableau 3. Coefficients de corrélation entre le pourcentage de protéine brute et d'autres caractères chez la patate douce

Caractères	Corrélés	Coefficients de Corrélation		
		Phenotypique (r_P)	Genotypique (r_G)	Environnemental (r_E)
% de protéine brute	x Poids de racines fraîches	−0.30	−0.12	−0.56**
	x Poids de matières sèches	−0.17	−0.13	−0.29
	x Poids de pousses fraîches	−0.92**	−0.92**	−0.99**
	x Couleur de la chair de la racine [z]	0.89**	0.35	—
	x % de matières sèches [z]	0.30	0.15	—
	x % de solides solubles [z]	0.38**	0.17	—
Poids de racines fraîches	x Couleur de la chair de la racine [zy]	−0.19	G1 = −0.93** G2 = −0.52**	
	x % de solides solubles [z]	−0.41*	−0.53**	—
	x % de matières sèches [z]	−0.42*	−0.75**	—
% de solides solubles	x Couleur de la chair de la racine [z]	0.42*	0.46*	—
	x % de matières sèches [z]	0.96**	0.78**	—
Couleur de la chair de la racine	x % de matières sèches [z]	0.17	0.09	—

[z] Compte tenu de la h^2 élevée du % de solides solubles des jus de racines, de la couleur de la chair de la racine et du % de matières sèches des racines, r_E n'a pas été calculé.
[y] Les deux valeurs de r_G étant différentes au seuil de probabilité de 1 %, leur moyenne ne fut pas calculée.
*, **, respectivement significatif au niveau de 5 % et de 1 %

sale pour les 10 % meilleurs parents était de 6,9 % de la moyenne. L'avance génétique observée et obtenue par la descendance des plants sélectionnés était de 7,2 %. Ces résultats montrent qu'une technique comme la sélection massale s'avere efficace pour améliorer ce caractère. Les corrélations phénotypiques, génotypiques et du milieu entre les six caractères furent calculés et ceux-ci sont présentés au Tableau 3.

Il y avait de petites corrélations negatives, à la fois phénotypiques et génotypiques, entre la teneur en protéine et le rendement en racines fraîches, et entre le rendement en matières sèches des racines et la teneur en protéine. Elles différent en grandeur des résultats cités par l'AVRDC (1976) où des corrélations de −0,30, −0,83*, −0,87** et 0,68 furent observées entre la teneur en protéine et le rendement en racines fraîches dans quatre essais de patate douce. Li (1974) a étudié ceci dans un essai varietal comportant un grand nombre de variétés et a trouvé une petite corrélation partielle positive de 0,07 entre la teneur en protéine et le rendement en racines.

en se basant sur les résultats de cette recherche, il est permis de penser que de légères corrélations négatives existent entre la teneur en protéine et le rendement chez la patate douce, ce qui indique que la protéine n'est pas fortement négativement associée avec le rendement en racines. Par conséquent, les chances d'obtenir de pourcentages élevés de teneur en protéine et un rendement élevé paraissent probables.

Analyse de la stabilité de la teneur en protéine et du rendement

Les résultats de l'analyse combinée de la variance pour le rendement en racines, la teneur en protéine et le rendement en matières sèches, indiquaient que les carrés moyens pour les entrées (ou variétés), les environnements et les interactions entrées x environnement, étaient tous hautement significatifs (Li 1979). La signification de l'interaction de premier ordre montrait que les performances relatives des entrées étaient tout à fait différentes quand les entrées étaient cultivées dans plusieurs environnements différents. Cette réponse était similaire à celle mentionnée par Li (1970).

Les calculs de paramètres $\bar{\alpha}$ et des entrées, avec le rendement moyen en racines, la teneur en protéine et le rendement en matières sèches des racines figurent au Tableau 4.

L'élément statistique $\bar{\alpha}$ est une mesure de la réponse linéaire à l'effet de l'environnement, et est observé pour la déviation de la réponse linéaire. Une variété parfaitement stable a les valeurs de $\bar{\alpha}$ = −1, et 1, et une variété à stabilité moyenne a les valeurs de $\bar{\alpha}$ = 0 et 1 (Tai 1971). Les résultats indiquent que C 64-18 possède la meilleure stabilité moyenne dans tous les environnements. Cette entrée montrait un rendement moyen en racines et une teneur en protéine significativement plus élevés que la variété témoin, mais le rendement en matières sèches était le même que celui du témoin (Tableau 4). Par conséquent, C 64-18 pourrait avoir une bonne adaptabilité générale. Le rendement en racines de C 64-18 variait de 17,2 à 40,5 t/ha et la teneur en protéine variait de 5,6 % à 9,2 %. Les parcelles du témoin Tainung 57 produisaient 13,2 à 38,8 t/ha et avaient des teneurs en protéine de 2,6 % à 4,7 %.

Les acides aminés essentiels de C 64-18 figurent au Tableau 5. L'entrée C 64-18 montrait qu'il contenait tous les acides aminés essentiels. Les acides aminés soufrés totaux et la mthionine sont déficitaires comparés aux références de la FAO pour les protéines, mais d'autres acides aminés sont en excès. De façon analogue, Purcell *et al.* (1972) ont relevé la composition en acides aminés de six cultivars sélectionnés de patates douces et ont trouvé que les acides aminés soufrés totaux et le tryptophane étaient limités en comparaison des références de la FAO en matière de protéines, et que la plupart des autres acides aminés essentiels étaient suffisamment en excès pour compléter les autres protéines de la plante.

Tableau 4. Rendement moyen en racines, teneur en protéine et rendement en matières sèches des racines et statistiques de stabilité pour dix entrées de patate douce

Entrées	Rendement en racines fraîches (t/ha)			% de protéines brutes (%)			Rendement en matières sèches (t/ha)		
	$\bar{x}$ [z]	$\hat{a}$	$\hat{f}_i$	$\bar{x}$ [z]	$\hat{a}$	$\hat{f}_i$	$\bar{x}$ [z]	$\hat{a}$	$\hat{f}_i$
C64-3	23.6 a	0.00	1.71	4.5 a	0.39	2.33	7.3 c	0.04	2.48*
C64-4	19.2 c	−0.23	2.71	4.2 ab	−0.31	1.14	5.2 d	−0.14	2.93*
C64-7	33.6	0.53	12.94	3.6 ef	−0.13	1.54	7.8 ab	0.32*	4.35*
C64-9	18.9 c	0.33	0.42	4.1 bc	−0.08	0.68	5.6 d	0.31*	0.66
C64-44	23.9 a	−0.07	0.48	4.1 bcd	−0.01	3.35	8.2 a	−0.13	5.95*
C64-18	27.9 b	0.08	2.06	6.5	−0.14	2.41	7.7 bc	−0.09	1.55
C64-22	30.3	0.39	2.15	3.9 cde	0.17	0.16	8.6	0.46*	3.01*
C64-27	29.1 b	0.38	6.52	4.2 ab	0.27	1.53	7.7 bc	0.16	7.13*
C64-87	24.1	0.11	1.35	3.8 de	0.17	3.53*	7.2 c	0.10	0.94
Tainung 57	25.6	0.14	5.12	3.3 f	0.23	0.83	7.9 ab	0.24	7.11*

[z] Les moyennes d'une même colonne qui ne sont pas suivies de la/les mêmes lettres sont significativement différentes au seuil de 5% selon le DMR test.

Sélection de patates douces riche en protéine

La sélection pour une teneur en protéine élevée fut entreprise parmi les descendances et les seedlings issus de l'hybridation et de croisements multiples. Un total de 8500 seedlings furent testés en automne 1979, et 32 seedlings furent sélectionnés à la récolte, 150 jours après la plantation. Ces seedlings possédaient de meilleurs caractères phénotypiques que les variétés témoins. Le rendement moyen en racines variait de 0,68 à 2,4 kg par emplacement. La teneur en protéine des racines de ces seedlings variait de 5,5 % à 9,5 % sur la base de matières sèches. Le contenu en matières sèches de ces seedlings variait beaucoup, allant de 21 % à 32 %. En attendant, les 11 seedlings possédant la teneur en matières sèches la plus élevée furent également sélectionnés. Le rendement moyen en racines variait de 0,88 à 1,58 kg par emplacement. La teneur en matières sèches des racines variait de 36 % à 39 %.

La plupart des seedlings à teneur élevée en protéine avaient tendance à présenter une chair de la racine de couleur orange. La corrélation positive observée entre la teneur en protéine et la couleur de la chair de la racine n'était pas significative au niveau génotypique, mais l'était au niveau phénotypique (Tableau 3). Les résultats semblent indiquer que la sélection pour une teneur élevée en protéine donnera naissance à une patate douce dont la racine aura une chair de couleur orange.

BIBLIOGRAPHIE

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1974. Annual report for 1972-73. Shanhua, Taiwan. 52 pp.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1977. Sweet potato report for 1976. Shanhua, Taiwan. 62 pp.

CONSTANTIN, R. J., T. P. HERNANDEZ and L. G. JONES. 1974. Effects of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 : 308-310.

FALCONER, D. S. 1960. Introduction to quantitative genetics. Chapters 8, 9, 10 and 19. The Ronald Press Company, New York.

JONES, A., C. E. STEINBAUER and D. T. POPE. 1969. Quantitative inheritance of ten root traits in sweet potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 271-275.

JONES, A., M. G. HAMILTON and P. D. DUKES. 1978. Heritability estimates for fiber content, root weight, shape, cracking and sprouting in sweet potato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 374-376.

LI, LIANG. 1974. Variation in protein content and its relation to other characters in sweet potatoes. (in Chinese with English summary). J. Agric. Asso. China 88 : 17-22.

LI, LIANG. 1975. The influence of environmental factors on protein content of sweet potatoes. (in Chinese with English summary). J. Agric. Asso. China 92 : 64-72.

LI, LIANG. 1977. The inheritance of crude protein content and its correlation with root yield in sweet potato. (in Chinese with English summary). J. Agric. Asso. China 100 : 78-86.

LI, LIANG. 1979. The stability analysis of yield and crude protein content in newly developed sweet potato entries. (in Chinese with English summary). National Sci. Council Mouthly 7 (1) : 74-81.

PURCELL, A. E., H. E. SWAISGOOD and D. T. POPE. 1972. Protein and amino acid content of sweet potato cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 30-33.

TAI, G. C. C. 1871. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. Crop Sci. 11 : 184-190.

POTENTIALITES POUR UNE MEILLEURE VALEUR NUTRITIONNELLE DE LA PATATE DOUCE

W. W. COLLINS[a] et W. W. WALTER, JR[b]
a Département de la Science Horticole, Université d'Etat de Caroline du Nord, Raleigh, Caroline du Nord, 27650, E.U.
b Département de l'Agriculture E.U., Administration de la Science et de l'Education, Recherche Agronomique, Région Sud, Université d'Etat de Caroline du Nord

ANALYSE NUTRITIONNELLE DES PATATES DOUCES

La patate douce est indéniablement une des plus importantes cultures vivrières au monde. Comme aliment, elle est importante surtout par sa teneur en hydrates de carbone qui est une source d'amidon pour l'alimentation de base. Toutefois la patate douce peut également être la source d'autres facteurs diététiques importants. La composition nutritionnelle des patates douces a été décrite par Watt (1963), Edmond et Ammerman (1971) et dans un nouveau rapport préparé par le Comité de la Recherche Technique Régionale S-101 (1980). Les efforts consentis pour accroître la consommation des patates douces doivent aller de pair avec les efforts consentis pour éduquer les consommateurs au sujet des avantages nutritionnels qu'il y a à manger des patates douces. Une courte discussion sur les composantes nutritionnelles majeures de la patate douce suit.

Vitamines

Vitamine A : les patates douces constituent une excellente source de provitamine A (carotène) qui est converti par l'organisme en vitamine A (rétinol) (Tableau 1). Beaucoup de facteurs agissent sur le niveau de carotène des patates douces mais les variétés cultivées actuellement aux Etats-Unis sont capables de fournir la ration diététique recommandée (RDR) de cette vitamine.

Complexe vitaminique B : une ration de 113 g de patate douce peut fournir 2-6 % de la ration diététique recommandée de niacine, 3-5 % de la riboflavine nécessaire et 1-7 % de la thiamine nécessaire. La principale source de ces vitamines est habituellement la viande ou les produits à base de viande. Il semble y avoir peu de variation dans les concentrations des vitamines du groupe B chez les patates douces ; l'éventail de celles qui ont été testées est extrêmement fermé.

Vitamine C (acide ascorbique) : les patates douces couramment cultivées diffèrent pour leur teneur en acide ascorbique avec la méthode de cuisson. Elles peuvent fournir entre 25 % et 50 % de la ration diététique recommandée de vitamine C selon que les racines sont en conserve ou cuites (Comité Technique S-101 1980).

Hydrates de carbone et énergie

La source principale d'énergie du corps humain est constituée par les hydrates de carbone. La plupart des variétés de patates douces ordinaires cultivées aux Etats-Unis contiennent 25-30 % d'hydrates de carbone dans les racines et approximativement 98 % de ces hydrates de carbone

sont facilement digestibles. Les tiges sont beaucoup plus pauvres en hydrates de carbone. La capacité productive considérable des patates douces (jusqu'à 85 t/ha en parcelles expérimentales d'après Collins en 1980) en fait une source importante d'hydrates de carbone pour les régions où les populations dépendent surtout des hydrates de carbone pour leur alimentation. Une ration journalière de 113 g de patates douces peut fournir 5 % des exigences énergétiques d'un homme de 23-50 ans.

Tableau 1. Analyse nutritionnelle de patates douces en boîtes de conserve (variété Jewel)

	Teneur des racines	RDR[2]	% RDR apporté dans un échantillon de 113 g
	(%)	(g)	
Solides	28.7		
Graisses	0.3		
Protéines	1.2	56	2.1
Hydrates de carbone	26.7		
Cendres	0.5		
	(mg 100 g)	(mg)	
Calcium	11	800	1.6
Fer	0.9	10	10.4
Sodium	20[3]	1000	2.3
Potassium	192[3]	2000	10.8
Thiamine	0.02	1.4	1.4
Riboflavine	0.03	1.6	1.9
Niacine	0.3	18	1.7
Vitamine C	10	45	25
	IU[1] 100 g	IU	
Vitamine A	5345	5000	121

[1] unités internationales
[2] ration diététique recommandée
[3] d'après Lopez Williams et Cooler (1980)

Minéraux

Les éléments inorganiques majeurs nécessaires au métabolisme sont le sodium, le potassium, le calcium et le fer. Les rations diététiques recommandées pour le calcium, le fer, le sodium et le potassium sont de 800, 10, 1000 et 2000 mg/jour, respectivement.

Un échantillon de 113 g fournira 1,6 % de la RDR de calcium et 10,2 % de la RDR de fer (Comité Technique S 101-1980). Il peut également fournir 2,3 % du sodium et 10,8 % de la RDR de potassium (Lopez *et al.* 1980).

Protéine

La ration diététique de protéine recommandée est de 56 g pour un homme de 23-50 ans. Une ration de 113 g de racines de patate douce peut fournir 3-4 % de la ration diététique recommandée (Comité Technique S-101 1980).

POTENTIALITES POUR L'AUGMENTATION DES COMPOSANTES NUTRITIONNELLES DES PATATES DOUCES

Les efforts en vue d'augmenter les composantes nutritionnelles des patates douces peuvent être limités aux domaines spécifiques qui sont les plus susceptibles d'augmenter de façon significa-

tive. La patate est déjà reconnue dans beaucoup de régions du monde comme étant une importante source d'hydrates de carbone. La production totale d'hydrates de carbone est directement liée au rendement. Le rendement moyen aux Etats-Unis en 1980 était de 12 t/ha avec un maximum de 18,5 t/ha. En parcelles expérimentales nous obtenons régulièrement à partir des sélections, un rendement total bien au-dessus de 56 t/ha. Dans beaucoup de régions où une source d'hydrates de carbone peut être exploitée pour la consommation humaine, et où les rendements sont bas, les travaux de sélection et de méthode culturale devraient être axés sur l'augmentation des rendements.

La teneur en minéraux des patates douces est très basse en termes de pourcentage de RDR fourni par l'absorption d'une ration de 140-170 g. La sélection de la patate douce est probablement incapable d'augmenter de façon significative les niveaux en calcium. Cependant, il semble possible d'accroître les teneurs en fer et/ou en potassium de façon significative à condition que du matériel génétique riche en fer et riche en potassium puisse être repéré. Pour les génotypes testés, il semble qu'il n'existe qu'une faible variation de génotype à génotype, mais une grande variation de racine à racine à l'intérieur du génotype. Pour le moment, les données ne sont pas suffisamment approfondies que pour pouvoir préjuger des résultats des travaux réalisés en vue de relever les niveaux en fer et en potassium.

Les patates douces constituent une excellente source de provitamine A. Etant donné que les types riches en carotène ont la préférence surtout dans l'hémisphère occidental, où leur floraison et leur grenaison sont induites, la teneur en carotène des types les plus appréciés s'est élevée de 6,2 mg/100 g à 17,4 mg/100 g (Miller et Hernandez 1970). Etant donné que le matériel génétique riche en carotène est facilement disponible et présent à des niveaux élevés dans tous les programmes de sélection des Etats-Unis, ce caractère ne semble pas critique du point de vue nutritionnel vu sous l'angle de la sélection. Le problème associé aux types de patates douces riches en carotène provient de la préférence personnelle de nombreuses populations pour les types pauvres en carotène ou sans carotène. Vaincre cette préférence là où une source de carotène est nécessaire exigera un effort d'éducation intense.

La plupart des vitamines du complexe B des patates douces semblent être présentes à des concentrations qui varient peu d'un génotype à l'autre. L'éventail des valeurs relevées est extrêmement réduit. Une très petite partie seulement de la RDR pour ce complexe peut être fournie par les patates douces. Un travail de sélection intense pourrait bien doubler la concentration à condition que des types à concentration élevée pour chacune de ces vitamines puissent être repérés. Cela ne pourra quand même fournir qu'un faible pourcentage de la RDR. Il semble par conséquent peu judicieux d'intensifier les travaux de sélection dans ce domaine.

Il reste donc deux semaines qui offrent, pensons-nous, des potentialités de progrès, soit par sélection soit par les pratiques culturales : la vitamine C (acide ascorbique) et la protéine.

Vitamine C

Les cultivars qui sont couramment cultivés aux Etats-Unis contiennent 11,4-12,4 mg/100 g d'acide ascorbique dans les produits mis en boîtes, ce qui fournit 25-28 % de la RDR. Dans des tissus frais, nous avons mesuré des concentrations allant jusqu'à 19 mg/100 g (Tableau 2). Les génotypes variaient de 0 mg/100 g jusqu'à cette valeur de 19 mg/100 g (sur la base des pesées faites en frais). Bien qu'aucun travail de recherche n'ait été entrepris pour augmenter la teneur en acide ascorbique de cette collection, ce serait une chose faisable, étant donné qu'une variabilité existe entre les types compatibles.

De plus, la teneur en acide ascorbique dépend dans une très large mesure du génotype, de la taille, de la date de récolte et des conditions de ressuyage stockage (Junek et Sistrunk 1979). La vitamine C décroît avec le ressuyage et le stockage, croît avec une récolte tardive, et est présente en quantités plus elevées dans les grandes racines et celles qui ont été cuites.

Tableau 2. Evaluation du matériel de selection de Caroline du Nord pour les matieres seches, le pourcentage de proteine (sur la base des pesees de matieres seches et fraiches) et l'acide ascorbique

Genotype	% matiere seche	% proteines (poids sec)	% proteines (poids frais)	Acide ascorbique (mg 100 gm de poids frais)
W-77	24	13.1	3.1	2.6
Rose Centennial	25	9.7	2.3	14.1
Leeland Bunch	22	9.4	2.1	10.5
Jewel	21	8.6	1.6	4.4
215	21	8.7	1.8	6.9
234	30	8.4	2.5	10.9
213 × 228-1	22	8.1	1.8	7.3
212	26	8.1	2.1	7.1
Redgold	22	8.0	1.8	4.7
Kandee	24	7.8	1.9	4.2
Centennial W-1	21	7.7	1.6	11.3
W-178	26	7.6	2.0	4.5
356	23	7.6	1.7	0.0
Nancy Hall	20	7.5	1.5	19.0
TI-1895	16	7.5	1.2	8.3
246	24	7.5	1.8	6.8
Painter	23	7.2	1.7	8.7
California Red	15	7.2	1.1	7.0
353	20	7.1	1.4	2.0
311 (1)	23	7.0	1.6	16.2
Nemagold	20	7.0	1.4	9.8
Old Goldrush	24	6.9	1.7	6.9
241 × 213	29	6.9	2.0	—
284	24	6.8	1.6	6.1
White Jewel	18	6.5	1.2	4.1
PI 296116	20	6.4	1.3	1.7
273-0-42	23	6.2	1.4	7.6
Carver	19	6.1	1.2	4.7
291 × 273-1	25	6.1	1.5	8.8
Redcliff	22	5.9	1.3	4.2
289	30	5.9	1.8	14.8
Coastal Sweet	34	5.8	2.0	5.6
Caromex	21	5.6	1.2	—
TI 1894	22	5.6	1.2	4.2
Centennial	23	5.6	1.3	7.8
Southern Queen	23	5.5	1.3	17.4
W-13	18	5.4	1.0	7.4
White Star	23	5.3	1.2	4.8
Pelican Processor	20	4.7	0.9	5.9
311 (2)	21	4.6	1.0	3.4
349	22	4.4	1.0	6.9
288	23	4.2	1.0	3.3
PI 399163	24	4.0	1.0	0.0
TI 1892	19	3.8	0.7	6.1
PI 3441234	25	3.1	0.8	0.0

Protéine

La protéine est un des plus importants composés chimiques impliqués dans la nutrition en raison de sa participation à de tres nombreux processus et de très nombreuses structures du corps

humain. La plupart des Américains des Etats-Unis bénéficient d'une alimentation adéquate en protéine, même s'ils ne sont pas des consommateurs de viande ou de produits animaux. Beaucoup de légumes contiennent des quantités adequates de protéines.

Cependant, une autre possibilité d'utilisation des patates douces se dessine maintenant aux Etats-Unis, comme source d'hydrates de carbone pour la production d'ethanol par fermentation microbienne. Un tel procédé pourrait conduire à l'obtention de protéines de patate douce très concentrées disponibles pour être incorporées dans les aliments de l'homme. Dans certaines parties du monde, les patates douces sont consommées en grandes quantités et elles peuvent constituer une source importance de protéine alimentaire ; des aliments contenant 5 % de protéine équilibrée utilisables peuvent préserver la santé si elles sont consommées en quantité suffisante. Pour ces raisons, il est important de connaître les facteurs affectant la protéine brute des plants de patates douces, de même que la qualité et la composition de cette protéine.

On a montré que plusieurs facteurs du milieu influencent la teneur en protéine des patates douces. Purcell *et al.* (1976), étudiant la longueur de la saison culturale, ont déterminé les teneurs en protéine et en matières sèches de 16 génotypes de patate douce récoltés à quatre dates différentes. Ils s'aperçurent que la teneur en protéine décroissait à la cadence de 0,0067 % par jour après 102 jours de croissance et que les matières sèches décroissaient de 0,233 % par jour après la même période de croissance. Toutefois, une récolte précoce, tout en favorisant au maximum le % de protéine, ne pourrait pas compenser le gain de protéine totale obtenu grâce à une récolte tardive en raison de l'augmentation des rendements.

La fertilisation affecte aussi la protéine brute des patates douces. Purcell *et al.* (non publié) établirent que l'engrais avait un effet sur le contenu en azote des racines mais ne modifiait pas le rapport N/N non protidique (Tableau 3). Une augmentation de la teneur en N de l'engrais entraînait une augmentation correspondante de la teneur en N des racines récoltées. Faire varier la quantité de soufre de l'engrais n'entraînait aucune modification de la composition des racines. Apparemment, le sol utilisé contenait suffisamment de soufre que pour la consommation de N ne soit pas limitée, ou bien l'aptitude de répondre à une fertilisation soufrée n'existait pas chez la patate douce comme chez certaines autres plantes (Rabufetti et Kamprath 1977). Il fut démontré également que le potassium n'avait aucun effet sur le N stocké dans la racine ou sur le rapport NNP/N total. Ces résultats font penser que la quantité de protéine des patates douces pourrait être augmentée en accroissant le N de l'engrais ; toutefois, il faudrait opérer avec précaution étant donné qu'une excès de N à des périodes critiques de la phase de grossissement de la racine peut abaisser les rendements.

Les effets du génotype sur la teneur en protéine brute sont bien décrits. Plusieurs études ont relevé des différences significatives entre génotypes (Purcell *et al.* 1972 ; Edmond et Ammerman 1971). Le tableau 2 donne les teneurs en protéine des matériels en sélection en Caroline du Nord suite à une évaluation de 1980. Il y a de nettes différences entre ces génotypes, qui peuvent être utilisés dans un programme de sélection pour améliorer la teneur en protéine.

Des croisements sont en voie de réalisation actuellement entre des types riches en protéine et en matières sèches, pour tenter de créer des cultivars idéaux pour la production d'alcool carburant, de même que des cultivars à haute teneur en protéine pour le marché des légumes frais.

Il est très possible qu'un important sous-produit, ou peut-être même le produit le plus important, de la fabrication de l'alcool méthylique de patate douce soit le concentré riche en protéine extrait des résidus. Ce concentré convient à la consommation par l'homme. Au tableau 4 figurent cinq cultivars que nous avons étudiés jusqu'ici sous l'angle du rendement en alcool. Bien que les matières sèches de ces cultivars soient de 10-15 % moindre que les plus hautes valeurs citées, la

teneur en protéine du résidu est exceptionnellement élevée. En utilisant des types encore plus riches en matières sèches, on pourrait accroître encore ce pourcentage.

Tableau 3. Effet de N et de S sur l'N total et le rapport N non protidique N des patates douces (variété Jewel)

Traitement[1]	% N[2] total	NPN/N
N 0 S 0	0.78 a	0.25
N 0 S 71	0.82 a	0.24
N 51 S 0	1.04 b	0.24
N 51 S 71	0.92 ab	0.26
N 101 S 0	1.24 c	0.25
N 101 S 71	1.22 c	0.25

[1] Les traitements reçoivent 168 kg N/ha et 40 kg P/ha
[2] Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 1% selon le OMMR test

Tableau 4. Matières sèches, rendement de la fermentation de l'alcool, et rendement en protéine du résidu de fermentation, pour cinq cultivars de patates douces

Cultivar	Matières sèches (%)	Rendement en alcool (ml/kg)	Protéine du résidu (%)
Centennial	25.9	94	30.1
Pelican Processor	26.7	116	32.5
Rojo Blanco	24.4	127	39.3
Whitestar	26.4	113	33.6
Vogel White	28.2	126	26.6

L'effet des interactions génotype × environnement dans les déterminations de la protéine de la patate douce fut étudié dans un essai de six génotypes de patate douce cultivés en six localités pendant trois ans (dix-huit environnements). La teneur en protéine (exprimée en poids de matière sèche) a varié énormément pendant cette période. L'analyse de la variance pour cette étude figure au Tableau 5.

Qualité de la protéine

Les analyses des acides aminés de la protéine de la patate douce sont publiées. Purcell *et al.* (1972) ont montré qu'elle était de bonne qualité nutritionnelle, mais marginale en lysine et déficiente en soufre total en comparaison des normes de la FAO pour les protéines. On a aussi démontré qu'elle était déficiente en trytophane en termes de standards de la FAO, quoique certains cultivars contiennent plus de trytophane que le minimum FAO (Splittstoesser et Martin 1975). Toutefois, aucune mesure du rapport d'efficience de la protéine (REP) de la patate douce n'a été publiée jusque maintenant.

Walter et Catigliani (1981) ont extrait une protéine blanche (protéine isolée) et une poudre grisâtre-blanche qui est le concentré de protéine ou chromoplaste protidique à partir des racines de patates douces nettoyées de variétés Jewel et Centennial. La composition en acides aminés essentiels pour cette protéine de chromoplaste et pour la protéine blanche est comparée aux chiffres de protéine de la FAO dans le Tableau 6. Le soufre total semble être meilleur pour cette protéine que pour la protéine blanche, pour la variété Jewel. Les chiffres de lysine pour la protéine chromo des deux cultivars étaient plus élevés que pour la protéine blanche et dépassaient la valeur FAO.

Tableau 5. Analyse de la variance de l'interaction génotype x environnement dans l'étude sur la protéine

Sources	df	Corrélation
Génotype	5	**
Environnement	71	**
Années	2	**
Localités	5	**
Années x localités	10	**
Répétitions x loc	54	**
Génotype x environnement	85	**
Années x génotype	10	ns
Loc x génotype	25	**
Années x loc x gen	50	**

** Significatif au seuil de 1 %
ns : non significatif

Tableau 6. Comparaison de la composition en acides aminés essentiels pour la protéine blanche et pour la protéine du chromoplaste des racines des patates douces Jewel et Centennial, aux normes de la FAO relatives à la protéine

Acide aminé*	Chromo		FAO	Blanc	
	Jewel	Centennial		Jewel	Centennial
Thréonine	5.77	5.67	4.0	6.43	6.39
Valine	7.83	7.68	5.0	7.90	7.89
Méthionine	2.26	2.10		2.03	1.84
(Total S	(4.04)	(2.77)	(3.5)	(3.11)	(2.75)
Isoleucine	6.01	5.89	4.0	5.63	5.71
Leucine	9.64	8.95	7.0	7.40	7.44
Tyrosine	6.71	6.41	6.0	6.91	7.09
Phénylalanine	7.08	7.15		8.19	7.94
Lysine	7.03	6.43	5.5	5.16	5.21
Tryptophane	1.56	1.77	1.0	1.23	1.44

* g acide aminé/16 g N

Le REP utilisant des rats fut mesuré pour déterminer la qualité biologique de la protéine de la patate douce. Le REP est le gain de poids des rats divisé par la protéine consommée (dans les conditions standardisées décrites par l'AOAC). De plus, le RPN (rapport protidique net) fut également déterminé. Le RPN corrige les exigences en protéine pour l'entretien du corps. Un groupe de rats est nourri d'un régime non protidique et la perte de poids de ce groupe peut alors être utilisée pour créditer le test protidique pour sa fonction d'entretien.

Les résultats figurent au Tableau 7 pour la protéine blanche et pour la protéine du chromoplaste. Pour la protéine blanche, les deux cultivars paraissent légèrement meilleurs que la caséine, mais pas de façon statistique.

Il y a un gain de poids d'environ 135 g sur la période de 28 jours, pour 47 g de protéine consommés. Pour la protéine du chromoplaste, le REP est proche de celui de la caséine, et n'est pas numériquement tout à fait aussi bon que celui de la protéine blanche ; cependant, il n'y a pas de différences statistiquement significatives.

Les valeurs du RPN figurent également au Tableau 8. Elles sont meilleures que celles du REP, évidemment, et la protéine blanche de la patate douce est peut-être légèrement meilleure que la caséine, ce qui montre que la protéine de la patate douce est d'une qualité hautement nutritionnelle.

Tableau 7. La protéine blanche et celle de chromoplaste des patates douces Jewel et Centennial, comparée à la caséine, dans des études sur le gain de poids du rat

	REP	REP corrigé	Gain de poids (g)	Protéines brûlées (g)
		Protéine du chromoplaste		
Caséine	2.73 ± 0.10	2.50 ± 0.09	109.5 ± 7.8	39.4 ± 2.5
Jewel	2.75 ± 0.09	2.52 ± 0.09	117.6 ± 11.3	43.1 ± 3.9
Centennial	2.82 ± 0.10	2.58 ± 0.10	122.2 ± 14.9	43.8 ± 4.4
		Protéine blanche		
Caséine	2.81 ± 0.11	2.50	134.3 ± 11.7	47.8 ± 3.8
Jewel	2.91 ± 0.10	2.63 ± 0.09	138.9 ± 11.7	47.7 ± 2.9
Centennial	2.96 ± 0.07	2.64 ± 0.07	140.3 ± 12.4	47.3 ± 3.5

Tableau 8. Valeurs du REP et du RPN des patates douces Jewel et Centennial comparées à celles de la caséine

	REP	RPN
Caséine	2.81	3.95
Jewel	2.91	4.15
Centennial	2.96	4.20

BIBLIOGRAPHIE

COLLINS, W. W. 1980. Sweet potato breeding and genetics : a summary report. Hort. Sci. Series No. 53. Dept. Hort. Sci., N. C. State University, Raleigh, NC. 34 pp.

EDMOND, J. B. and G. R. AMMERMAN. 1971. Sweet potatoes : production, processing, marketing. AVI Publishing Co., Westport, CT, USA. 334 pp.

JUNEK, J. and W. A. SISTRUNK. 1978. Sweet potatoes high in vitamin content but content is affected by variety and cooking method. Arkansas Farm Research, Sept.-Oct. 1978, p. 7-8.

LOPEZ, A., H. L. WILLIAMS and F. W. COOLER. 1980. Essential elements in fresh and canned sweet potatoes. J. Food Science 45 : 675-678.

MILLER, J. C. and T. P. HERNANDEZ. 1970. The sweet potato as a world food crop and how research has improved its nutritional quality. *In* Proc. 2nd Int. Symp. on Trop. Root and Tuber Crops. College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. p. 16-18.

PURCELL, A. E., H. E. SWAISGOOD, and D. T. POPE. 1972. Protein and amino acid content of sweet potato cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 30-33.

PURCELL, A. E., D. T. POPE and W. M. WALTER, Jr. 1976. Effect of length of growing season on protein content of sweet potato cultivars. HortScience 11 : 31.

PURCELL, A. E., W. M. WALTER, Jr., J. J. NICHOLAIDES, W. W. COLLINS and H. CHANCEY. 1981. Effect of nitrogen and sulfur fertilization on protein content of sweet potato roots. Mnauscript in review.

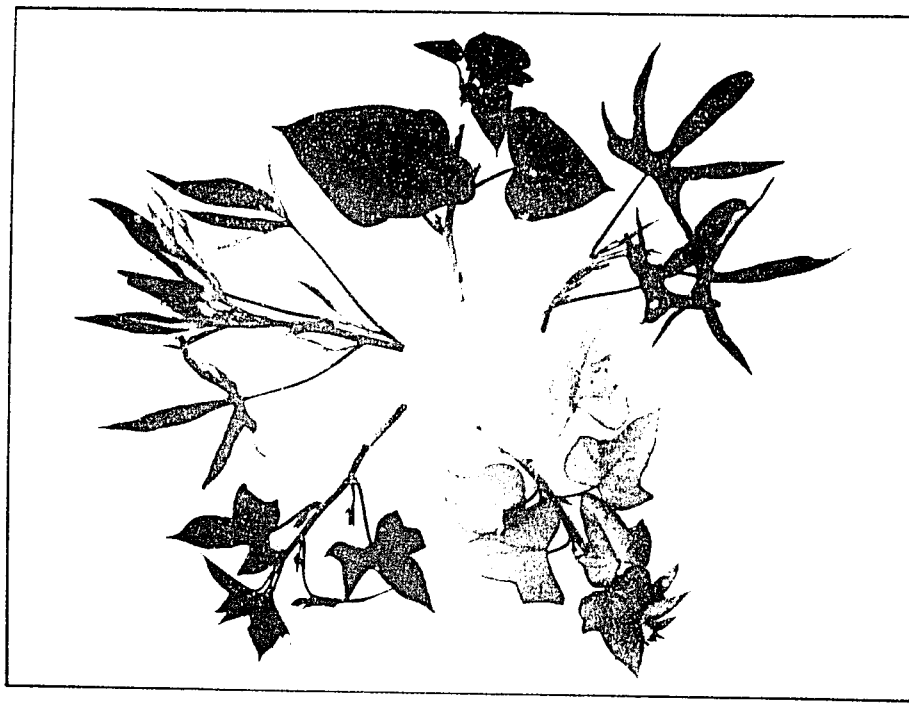
RABUFETTI, A. and E. J. KAMPRATH. 1977. Yield nitrogen and sulfur content of corn as affected by nitrogen and sulfur fertilization on coastal plain soil. Agron. J. 69 :785-788.

S-101 TECHNICAL COMITTEE. 1980. Sweet potato quality. Southern Cooperative Series Bull. 249. Univ. Ga., Athens, Ga.

SPLITTSTOESSER, W. E. and F. W. MARTIN. 1975. The tryptophan content of tropical roots and tubers. HortScience 10(1) :23-24.

WALTER, W. M. Jr. and G. L. CATIGNAMI. 1981. Biological quality and composition of sweet potato protein fractions. (Manuscript in review; Dept. of Food Science, N. C. Agric. Res. Service, and U. S. Dept. of Agric., Agric. Res., Southern Region, N. C. State Univ., Raleigh, NC 27650 USA).

WATT, B. K. 1963. Composition of foods. Agric. Handbk. 8. U. S. Dept. Agric., Washington, DC.



Feuilles de patate douce pouvant être consommées comme légumes

DISCUSSION GENERALE

(SEANCE V)

BARTOLINI : *Les ancêtres sauvages de la patate douce ne sont pas porteurs de racines et vous avez mentionné que, par mutation génique, la patate douce actuelle avait évolué et développé ses racines. Comment pouvez-vous expliquer la présence de pigments riches en carotène dans la patate douce ? Se sont-ils développés aussi par mutation génique ? Je suis perplexe : la patate douce n'a pas de relation avec la carotte.*

NISHIYAMA : Différentes colorations de la peau de la chair des racines qui sont quelquefois un peu épaissies, furent observées chez différentes lignées de l'hexaploïde *trifida*

HSIEH : *La patate douce possède 90 chromosomes. Il semble difficile et laborieux d'analyser le génome par comptage des chromosomes. Est-il possible d'utiliser les schémas des isozymes électrophorétiques pour analyser le génome de la patate douce ?*

NISHIYAMA : L'analyse du génome est essentiellement basée sur l'homologie des chromosomes et leur appariement dans les hybrides. L'analyse selon un schéma isozyme pour confirmer les résultats de l'analyse du génome.

JONES : Bien que le Dr Nishiyama et moi-même ayons des opinions différentes au sujet des relations phylogénétiques entre la patate douce et ses proches voisins, je voudrais féliciter les Japonais pour les progrès accomplis dans ce domaine. Je voudrais corriger une apparente mauvaise interprétation de mon travail. Je n'ai pas mentionné un génome A cultivé 2X et 4X. J'ai suggéré cependant qu'un ou plus de trois génomes de *I. batatas* peut être de génome A.

NISHIYAMA : Si l'on se base sur l'analyse du génome citée dans la présente communication, la patate douce et ses proches voisins sont autoploïdes grâce à la répétition du génome B. La différence cytologique entre les génomes A et B n'est pas encore observée parce que les hybrides avec les génomes A et B n'ont pas encore été obtenus.

OKA : *Quelle est la situation actuelle de la conservation des ressources génétiques pour la patate douce ?*

VILLAREAL : Le groupe de travail du Bureau International pour les Ressources Génétiques des Plantes pour les ressources génétiques de la patate douce a exprimé son inquiétude au sujet de la base génétique limitée des collections existantes de patates douces avec ses espèces étroitement apparentées. Le groupe de travail a recommandé au bureau de remédier à cette situation par : (1) des activités de collecte dans le centre d'origine, (2) des collectes dans les centres de variation secondaires et (3) l'installation d'entrepôts pour la conservation de ces collections globales. Pour autant que nous sachions, le BIRGP a approuvé ces recommandations.

ANONYME : *Les relations compatibilité-incompatibilité chez* I. batatas *semblent similaires à une relation plante-parasite, dont le mécanisme est supposé être la combinaison d'une protéine de la plante et d'une protéine spécifique du parasite. Pensez-vous qu'un mécanisme de cette sorte puisse aussi s'appliquer à la relation compatibilité et incompatibilité chez* I. batatas *?*

MARTIN : Les études de la base physiologique de l'auto-incompatibilité chez d'autres plantes impliquent les protéines en tant que substances concernées par le processus de reconnaissance et le mécanisme sélectif par lesquels certains grains de pollen sont poussés à germer et d'autres sont inhibés. Cela se produit chez *Brassica* qui a le même système de contrôle génétique de l'incompatibilité que *Ipomoea*. Il est rationnel de supposer que le contrôle physiologique est le même, mais il n'y a pas de preuve ni de recherche concernant cette question.

OKA: *L'auto-incompatibilité est-elle partielle dans certains cas ? Quelle est l'amplitude de la stérilité qui est indépendante de l'auto-incompatibilité ? Laquelle est la plus prononcée, l'auto ou l'allo-incompatibilité ?*

MARTIN: Je crois que l'incompatibilité est parfois partielle. Elle s'exprime par la germination de certains grains de pollen et par l'inhibition de la germination pour d'autres grains de pollen. Elle se distingue seulement avec difficulté de la compatibilité complète, par l'examen des stigmates après l'action du pollen. L'auto- et l'allo-incompatibilité sont le même phénomène, et par conséquent de force égale. Pour chaque croisement particulier, soit l'incompatibilité soit la stérilité peut constituer le facteur limitant la reproduction. Une certaine stérilité est toujours présente.

ANONYME: *En ce qui concerne la stérilité post-fertilisation, avez-vous quelque information sur la cause du phénomène ?*

MARTIN: La faible production de graines des croisements fertiles peut être associée aux dégâts occasionnés par les champignons et les insectes. Une partie de la stérilité restante est supposée provenir du déséquilibre génique exprimée par un développement défectueux de l'embryon ou de la graine.

VILLAREAL: *Vos rendements sont vraiment impressionnants. Sont-ils commercialisables ? Quelle est la durée de la culture ? La fertilité du sol ? Aviez-vous utilisé une quelconque pratique culturale spéciale pour obtenir ces rendements ?*

MEYNHARDT: Oui, ce sont des rendements commercialisables obtenus par une culture de cinq mois. Un engrais NPK de base est habituellement appliqué, suivi par une ou plusieurs applications de N en couverture. Les résultats montrent que dans les zones de production à pluies d'été, la patate douce d'Afrique du Sud réagit favorablement à l'engrais azoté. De bonnes pratiques culturales, comprenant la préparation du sol, l'utilisation des engrais, la lutte phytosanitaire et spécialement l'emploi de matériels de plantation indemnes de maladies, furent adoptés pour obtenir les rendements élevés dont j'ai rendu compte.

HSIEH: *Vous avez mentionné qu'une feuille jaune est l'un de vos objectifs de sélection des pousses de patates douces comme légume. Cependant, d'après le Professeur Lu du Département d'Economie, College Shieh-Chien à Taipei, les feuilles jaunes cuites ont une mauvaise couleur qui affecte l'appétit des consommateurs. De ce fait, les feuilles jaunes semblent indésirables. Qu'en pensez-vous ?*

VILLAREAL: Jusqu'à présent, il n'existe qu'une seule variété de patate douce à feuilles jaunes disponible pour la dégustation, et qui malheureusement se décolore à la cuisson. Nous pensons que les économistes domestiques des pays en développement peuvent trouver un moyen convenable de cuisson qui minimise cette décoloration. En attendant, nous continuerons à chercher d'autres feuilles violettes et jaunes qui gardent leur couleur à la cuisson.

ANONYME: *Vous avez des espèces comestibles d'Ipomoea comme I. aquatica. Pensez-vous que la qualité de cette plante puisse être utilisée comme base de sélection d'I. batatas en tant que légume ?*

VILLAREAL: Bien que *I. aquatica* ait des tiges et des feuilles tendres, sa saveur et sa qualité alimentaire sont considérablement différentes de celles de la patate douce. Nous pensons que les pousses de patate douce sont un légume à feuilles tout à fait distinct.

ANONYME: *Pensez-vous que des symptômes visibles tels que la tache brune soient le résultat de la résistance de la patate douce à l'infection par le virus du liège interne ?*

HAMMETT: Oui.

VILLAREAL: *Quelles techniques de sélection conseillez-vous aux sélectionneurs asiatiques d'utiliser dans leurs programmes ?*

JONES: La technique de la sélection massale appliquée à des populations pour créer des lignées sélectionnées avec des combinaisons favorables de types recherchés. L'utilisation de pépinières en polycross de taille limitée de telle façon que chaque fois qu'une nouvelle lignée est ajoutée, certaines lignées doivent être éliminées, ce qui, à la longue, finit par entraîner des changements.

ANONYME: *Les concentrés de protéine de patate douce que vous avez utilisés pour les essais nutritionnels étaient-ils cuits ou non ? Contenaient-ils un quelconque inhibiteur d'activité de la trypsine ?*

COLLINS: Oui, ils avaient été chauffés plusieurs fois au cours du processus d'extraction, ce qui les avait effectivement cuits. Ils ne pouvaient de ce fait montrer aucune activité inhibitrice de la trypsine.

YANG: *Je suis intéressé par votre échantillon de patate douce contenant 7 % de lysine. Pourriez-vous, s'il vous plaît, fournir plus de détails à ce sujet ?*

COLLINS: La protéine de chromoplaste fut analysée et la teneur en lysine était de 7,03 g/16 g d'azote pour Jewel et 7,15 g pour Centennial. Ceci est beaucoup plus élevé que pour la caséine, la fraction de protéine blanche, ou le standard FAO.

ANONYME: *Comment prépariez-vous la « chromoprotéine » ? Détaillez-nous, je vous prie, la méthode de centrifugation. La carotène est-il surtout contenu dans cette fraction ?*

COLLINS: Le carotène était contenu dans la fraction de protéine du chromoplaste à la première purification. Cependant il était ensuite extrait à l'hexane-acétone jusqu'à ce que le filtrat soit légèrement jaune.

RAJAPAKSE: *D'après votre tableau, il existe des différences entre les variétés TIB 9 et TIS 2532 en termes de ponte d'œufs et d'alimentation des larves. Pourriez-vous expliquer la base de ces différences ?*

HAHN: La base de cette différence n'est pas étudiée.

ANONYME: *Des substances amères sont produites en réponse à l'infestation. Pensez-vous que la teneur de ces substances soit corrélée avec la résistance à l'infestation par le charançon de la patate douce ?*

HAHN: La relation entre la résistance au charançon et la présence de substances amères n'a pas été vérifiée.

TALEKAR: *Je note que vous n'avez pas utilisé de statistiques pour montrer les différences dans la consommation des racines des cultivars résistants et sensibles ou l'éclosion des charançons. Dans tous les autres tableaux, vous les avez utilisées pour souligner les différences. Est-ce parce que, en dépit des grandes différences apparentes, les résultats n'étaient pas statistiquement significatifs, en raison, je suppose, des grandes variations à l'intérieur des répétitions ? Ceci est un problème très courant rencontré dans le travail sur la résistance de la patate douce au charançon.*

HAHN: La comparaison deux à deux du test fut employée pour tester la différence, et des différences hautement significatives furent observées.

TALEKAR: Puisque vos résultats montrent que le mécanisme de résistance est l'antibiose, je voudrais encourager l'IITA à conduire une expérience de nutrition de rats (si cela n'a pas déjà été

fait) pour étudier l'éventuel effet adverse des facteurs de l'antibiose du matériel résistant. Ceci pour s'assurer que de tels facteurs ne sont pas nuisibles à la santé humaine. Cela s'est produit pour certaines autres cultures, en particulier le sorgho aux E.U., et puisque le programme patate douce de l'IITA est axé sur la patate douce pour la consommation humaine, un tel travail devrait être entrepris avant même que ces parents résistants soient utilisés dans les programmes de sélection.

HAHN : Ce point est devenu très important parce que la résistance au charançon est apparue relever de l'antibiose chimique et parce que les racines de réserves vivantes sont utilisées pour l'alimentation humaine et pour l'élevage. Cet aspect sera étudié.

TALEKAR : *Combien de racines par cultivar sont-elles utilisées pour l'étude de l'activité de ponte sur les cultivars sensibles et résistants ?*

HAHN : Quatre racines de réserves choisies au hasard et trois répétitions dans une racine tubéreuse furent utilisées pour chaque cultivar pour les tests d'oviposition.

TALEKAR : *Etant donné que la distribution dans les racines des patates douces de beaucoup de composants chimiques varie beaucoup à l'intérieur de chaque cultivar de plant à plant, dans chaque plant de racine à racine, et même dans chaque racine d'une partie à une autre, pensez-vous que la technique de confiner les charançons sur des racines uniques est utile à long terme ? En plus de la variation de la plante hôte il y a le problème du comportement de l'insecte qui plus que probablement ne sera pas le même dans une étude de laboratoire que dans une étude au champ.*

HAHN : La variation des composants chimiques entre plants et racines de stockage et à l'intérieur d'une racine de réserve fut prise en considération. Pour chaque cultivar, la sélection du hasard des plants, des racines de reserve et des endroits de test sur la surface des racines de réserve, fut faite pour reduire l'erreur experimentale.
La procedure de criblage pour la résistance au charançon comporte d'abord le criblage des clones sélectionnés de patates douces sur le terrain et ensuite la confirmation de la résistance au laboratoire.

TALEKAR : *Les cultivars les moins endommagés au cours du dosage biologique au laboratoire sont-ils également les moins endommagés dans les racines sur le terrain ?*

HAHN : Oui.

LIN : *Aviez-vous trouvé un biotype de charançon de la patate douce parmi vos cultivars résistants ? Quelle est la fréquence et le taux de reproduction du biotype dans la population de charançons ? Nous savons déjà que les insectes peuvent muter ou évoluer vers des formes qui sont virulentes vis-à-vis de cultivars précédemment résistants.*

HAHN : La variation des charançons à l'intérieur de *Cylas puncticollis* n'a pas été étudiée. Cependant, la source de résistance à *C. puncticollis* montrait de la résistance à *C. formicarius* aux Etats-Unis et aux Fidji, ce qui montrait que la variation à l'intérieur d'une espèce de charançon peut ne pas constituer un problème sérieux. Ceci demande à être étudié de façon plus approfondie.

VILLAREAL : *Combien de temps faut-il pour que l'infestation par les charançons se manifeste par votre méthode « sandwich-préférence » d'évaluation de la résistance aux charançon ?*

HAHN : Sept à dix jours.

VILLAREAL : *Comment les sélections résistantes en laboratoire se comportent-elles au champ ?*

HAHN : Les résultats de résistance acquis au champ sont très voisins de ceux acquis au laboratoire.

VILLAREAL : *Aviez-vous conduit des essais de nutrition sur rats avec votre matériel résistant ? Que pourrait-il arriver à un rat nourri avec ces matériels étant donné que vous prétendez que le mécanisme de résistance est dû à l'antibiose ?*

HAHN : Nous avons l'intention de réaliser une expérimentation de nutrition de rats avec les cultivars résistant au charançon.

ANONYME : *Vous indiquiez que la méthode du sandwich pouvait être utilisée pour détecter des différences entre cultivars pour la préférence du charançon. Détecte-t-elle aussi l'antibiose ? Existe-t-il une bonne source d'antibiose à utiliser dans un programme de sélection ?*

HAHN : La méthode du sandwich est principalement utilisée comme test de préférence du charançon. Cependant, elle pourrait être utilisée pour détecter l'antibiose si elle est conçue pour utiliser un seul génotype. La résistance aux charançons de nos génotypes paraît être due à l'antibiose.

ANONYME : *Quand vous sélectionnez la patate douce pour sa résistance au charançon, utilisez-vous le croisement manuel entre résistant et sensible, ou d'autres techniques de croisement ?*

HAHN : Deux approches sont utilisées pour les croisements de la sélection en vue de la résistance au charançon : les croisements manuels entre les cultivars parentaux sélectionnés et la pollinisation libre de plusieurs parents sélectionnés, en situation isolée.

SEANCE VI

LE CONDITIONNEMENT DE LA PATATE DOUCE ET L'UTILISATION DE SES SOUS-PRODUITS DANS LES PAYS TROPICAUX

F. G. WINARNO
Centre de Développement de Technologie Alimentaire, Université Agricole de Bogor, P.O. Box 61, Campus Darmaga, Indonésie.

INTRODUCTION

La patate douce, source peu coûteuse d'énergie, de carotène, d'acide ascorbique, de niacine, de riboflavine, de thiamine et de sels minéraux, est la racine tubéreuse charnue de *Ipomoea batatas* L. C'est une plante mince, pérenne, herbacée, rampante et la seule plante alimentaire appartenant à la famille des Convolvulaceae d'un groupe relativement étendu, les dicotylédones. C'est une plante alimentaire ancienne provenant d'Amérique tropicale et des îles du Pacifique, et plusieurs variétés de patate douce sont actuellement cultivées sur une large échelle dans plusieurs régions du monde. Les principaux pays producteurs sont le Japon, l'Indonésie, le Brésil, la Corée, la Chine, l'Inde et l'Ouganda, avec une production allant de un à quatre millions de tonnes par an. Des grandes quantités sont également produites par les Philippines, les USA, la Malaisie et plusieurs autres pays.

La patate douce peut être cultivée sur des sols argilo-limoneux bien drainés, riches en humus pour procurer un milieu chaud et humide à la racine. En Indonésie, où le riz est la plante vivrière préférée, la patate douce est cultivée uniquement sur les terres non irriguées (pluviométrie annuelle 500-1000 m m) et est fréquemment intercalée avec le maïs, ou cultivée entre deux saisons rizicules lorsque les disponibilités en eau d'irrigation ne sont pas suffisantes. La seconde est récoltée précocement (à 65 jours) pour permettre un ensoleillement suffisant à la patate douce et l'amener à sa pleine maturité. La plupart des variétés sont récoltées en 70-90 jours mais les variétés à productivité élevée (VPE) demandent 120 jours pour mûrir (Suryanta 1981). Bien que le rendement annuel moyen des saisons culturales de patates douces soit seulement de 7,3 t/ha (Conseil d'Administration des Cultures Vivrières 1979), une application modérée d'engrais NPK porte le rendement à plus du double, soit 15 t/ha, et les VPE récemment introduites promettent un rendement de 20-30 t/ha/an (Tableaux 1 et 2). En Indonésie, où la culture de la patate douce est liée à une migration et un transfert de population, on s'attend à ce que quelques 15 millions d'hectares soient utilisés pour la culture de plants à racines et pour des plantations industrielles.

Cette communication passe brièvement en revue les technologies et les pratiques d'utilisation de la patate douce, en soulignant son importance comme aliment. En traitant du conditionnement et de l'utilisation de la patate douce, les technologies mises au point dans les pays développés non-tropicaux ont aussi été examinés pour certains aspects applicables éventuellement dans les pays en développement tropicaux.

NUTRITION ET UTILISATION

La patate douce fournit plus de calories que la pomme de terre (113 contre 75/100 g). Elle est aussi une source exceptionnellement riche de vitamine A (100 g fournissent 7 100 U.I., environ

deux fois et demi le minimum journalier requis pour les adultes) et, avec ses teneurs appréciables en acide ascorbique, thiamine, riboflavine, niacine, phosphore, fer et calcium, la patate douce, en combinaison avec des légumineuses, peut constituer un aliment idéal pour combattre la malnutrition calorique protidique (MCP) qui est tellement répandu dans presque tous les pays en développement. La composition de la patate douce et celle d'autres aliments courants figurent au Tableau 3 (AVRDC 1976), celle des variétés de patates douces indonésiennes courantes au Tableau 4 (Hardjo 1952) et celle des VPE au Tableau 2 (Suryanta 1981).

Tableau 1. Rendement des VPE de patates douces en t/ha

Clone/lig	MK 1977		MK 1978			MK 1979		MP 1979-80	Rendement moyen
	Pacet	Jambegede	Muara	Kuningan	Yogya	Magawo	Kr Anyar	Sukamandi	
157	6.7	24.9	25.0	—	—	21.2	25.7	15.0	19.8
No 6-2	—	—	13.4	26.0	46.4	25.3	43.1	18.0	29.7
No 3-6	—	—	6.3	23.9	34.9	11.6	14.7	5.5	16.2
No 22-2	—	—	16.3	21.2	38.0	16.0	18.1	11.4	20.2
No 17-1	8.5	20.4	12.2	21.5	36.7	16.5	23.0	12.6	18.9
No 17-5	6.7	22.6	13.6	30.8	36.8	19.0	22.4	7.6	20.0
No 17-7	8.0	25.0	16.3	20.5	32.6	16.2	19.8	10.0	18.6
No 20-9	4.2	20.6	18.7	—	—	13.6	22.7	11.1	15.2
No 31-1	—	—	13.7	—	—	18.2	22.4	8.9	15.6
AIS 128	11.4	17.0	4.0	—	—	21.2	27.8	14.1	15.9
Local	11.5	9.3	8.0	23.3	33.5	14.8	21.2	6.3	16.3
No 380	10.9	20.8	20.9	38.6	43.3	23.8	25.8	10.3	24.3

Source: Suryanta (1981)
MK = saison sèche
MP = saison de disette

Tableau 2. Rendement et caractéristiques de quelques variétés de patate douce jaunes

Variété	Rendement t/ha	Cycle végétatif m	Teneur en amidon (%)	Teneur en vitamine C (mg)	Teneur en carotène (mg)	Goût
Daya	23.7	4	27	4	2.80	Délicieux
Gedang	22.3	4	—	4	8.11	Doux
No 3-6	23.0	4	28	4	12.26	Doux
No 6-2	27.9	4	28	4	6.14	Doux

Source: Suryanta (1981)

Tableau 3. Composition de la patate douce et de quelques aliments communs par 100 g

	Riz	Soja	Pois mungo	Patate douce	Pomme de terre
Humidité (g)	13	8	11	70	67
Fibres (g)	0.5	19	1.1	0.3	0.1
Cal	354	325	320	113	75
Protéine (g)	6.5	36.8	22.9	2.3	2.3
Fe (mg)	0.6	7.4	4.9	1.0	0.7
Ca (mg)	15	216	66	46	7
Vitamine A (IU)	0	20	70	7.10	0
Vitamine B1 (mg)	0.11	0.44	0.52	0.08	0.07
Vitamine B2 (mg)	0.04	0.31	0.29	0.05	0.04
Niacine (mg)	1.4	3.2	3.1	0.9	1.0
Vitamine C (mg)	0	0	0	20	7

Source: AVRDC (1976)

Tableau 4. Composition de quelques variétés de patate douce d'Indonésie, %

	Porto Rico	Loma	Jarak	Bainum	Paris	Papaya	Tanjung Kulit	Kuntul
Humidité	68.5	60.2	69.2	65.4	67.7	72.4	75.0	65.6
Matières sèches	31.5	39.3	30.8	34.6	32.3	27.6	25.0	34.6
Protéines	0.7	0.8	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
Cendres	1.1	0.9	0.8	1.4	0.8	1.0	1.2	1.1
Graisses	0.4	–	–	0.4	–	0.9	–	0.8
Fibres	–	0.8	1.0	0.7	1.0	0.9	0.9	0.4
Matières indéterminées	28.3	36.7	28.9	31.4	29.1	24.3	21.9	31.5
Farine	30.1	39.3	26.1	31.7	26.6	26.6	19.5	33.2

Source: Hardjo 1952

Dans la plupart des pays en développement, la patate douce est consommée immédiatement après la récolte sans aucun stockage intermédiaire. La patate douce peut être consommée à l'état cuit, bouilli, étuvé ou frit; elle peut être confite dans du sirop, découpée en chips ou réduite en purée. Pendant la saison, une partie de l'amidon est hydrolysée en maltose et en dextrines sous l'action de la bêta amylase. La patate est quelquefois découpée en tranches et séchée au soleil, puis réduite en farine pour la cuisson de pain et de confiseries. En Indonésie, les cossettes séchées au soleil sont frites et emballées sous polyéthylène pour la vente au détail (Winarno *et al.* 1980). Dans certains pays africains les racines bouillies ou grillées sont pilées avec des arachides pour donner le « futali ».

Les feuilles de patate douce sont également consommées en Indonésie et dans les autres pays de la région. La feuille est plus nutritive que la racine. Elle contient, sur la base des matières sèches : amidon (8 %), sucre (4 %), protéine réelle (27 %) et cendres (10 %). Elle contient aussi 56 mg de carotène 100 g de matière sèche (Onwueme 1978). La consommation respective par tête d'habitant de patate douce et de manioc en Indonésie est de 43,95 g/j et de 209,13 g/j, procurant respectivement 42 et 204 cal par jour (Biro Pusat Statistik 1978). La patate douce ne représentait qu'environ 2 % seulement de la consommation calorique totale.

Aux Etats-Unis, environ 60-70 % de la production de patates douces est consommée par l'homme sous forme de racines fraîches ou de conserves, d'aliments congelés ou déshydratés, et est utilisée dans la confection d'une variété de produits tels que pâtes fourrées, purées, confits, soufflés, aliments pour nourissons etc. Au Japon, environ la moitié de la production totale est utilisée pour la production d'amidon en vue d'une application dans les textiles, le papier, les cosmétiques, les adhésifs, le sirop de glucose et l'industrie agro-alimentaire. Au cours de la production des produits alimentaires ou de l'amidon, les pelures et autres résidus peuvent être avantageusement récupérés pour l'extraction de la pectine ou mélangés au feuillage pour servir d'aliment pour les animaux.

MANIPULATIONS EN FRAIS, RESSUYAGE ET STOCKAGE

Manipulations

Les racines sont habituellement laissées dans le sol pendant une semaine après la coupe du feuillage pour faciliter le processus de sucrage. Elles sont ensuite déterrées avec précaution, et

partiellement séchées au soleil avant la commercialisation. Ou bien, après la récolte, elles sont triées aussi précisément que possible et stockées dans des cageots distants de 3 cm et disposés à au moins 10 cm du sol et à 15 cm des murs dans un magasin bien ventilé.

Les pourritures de stockage des patates douces sont causées par divers champignons, dont certains sont transportés du champ par les racines elles-mêmes. Un nettoyage et une désinfection appropriés du magasin et l'élimination périodique des racines infectées sont par conséquent importantes. La chloropicrine est le fumigant ordinaire utilisé aux USA.

L'émission excessive de rejets pendant le stockage a pour résultat de réduire la qualité des racines. Certains régulateurs de croissance comme l'isopropyle N— (3-chlorophenyl carbamate appelé dans le commerce CIPC, et l'exposition à des rayons gamma inhibent l'émission de rejets (Bramlage et Lipton 1965, Patterson 1957, Simon et Scott 1952).

Ressuyage

Les racines destinées au stockage sont récoltées un peu plus tard que normalement et sont ressuyées pour durcir la peau et accélérer la cicatrisation de toutes les blessures superficielles. Au cours du stockage le poids des racines décroît suite à des processus biologiques tels que la respiration et la transpiration, l'émission de rejets et l'activité microbienne. Booth (1974) a mentionné que la perte de poids de la patate douce après 113 jours de conservation était de 17 % pour l'échantillon ressuyé et de 42 % pour l'échantillon non ressuyé.

Au cours du ressuyage et du stockage et, dans une plus grande mesure, au cours de la cuisson, une partie de l'amidon de la racine est convertie en sucres et en dextrines qui améliorent la qualité culinaire de la patate douce. La teneur en acide gras saturé à chaîne courte décroît, et la teneur correspondante en acide tétracosénoïque augmente (Boggess *et al.* 1967). Les patates douces sont également stockées dans des fosses, entre des couches de cendres de bois, de terre et de paille (Wargiono 1960).

Les méthodes traditionnelles de ressuyage et de stockage sont symbolisées par la pratique indienne qui consiste à étaler les racines au soleil pendant une semaine, à condition de les recouvrir la nuit d'une couverture imperméable convenable, et de les emmagasiner ensuite dans un local bien aéré en les inspectant fréquemment pour éliminer les racines malsaines (Conseil Indien de la Recherche Agronomique 1956).

Aux Etats-Unis, où l'industrie de la transformation de la patate douce est bien développée, la pratique courante est de ressuyer à environ 30° C avec une HR de 85-90 % pendant sept jours, de prolonger la période jusqu'à 20 jours si le ciel est couvert, et de poursuivre le stockage des racines ressuyées à 13-16° C avec une HR de 85-90 %.

Wang (1975) a aussi proposé des conditions de ressuyage de 26,7-29,4° C avec une HR élevée pendant une période de 10-20 jours, selon le climat local et la variété de racine. Alors que la température de stockage basse, à la mode aux USA, empêche le développement de zones de liège causé par un virus de liège interne, elle est de loin inférieure à l'optimum des pratiques commerciales de la plupart des pays tropicaux en développement. Il faut donc faire appel à une autre approche pour combattre le virus du liège interne, spécialement quand l'application de températures de ressuyage et de stockage plus élevées permet de réduire les dégâts causés par la pourriture noire.

Il peut être avantageux de réexaminer les pratiques traditionnelles de ressuyage et de stockage de façon à les améliorer avec les intrants de la science et de la technologie modernes.

TRANSFORMATION

Conserves

Des quantités considérables de patates douces, particulièrement des types oranges, sont mises en conserves aux USA, sous des formes diverses. On peut citer en exemple les conserves de tranches entières ou de purée, dans du sirop ou de l'eau, utilisant les méthodes et l'équipement de mise en boîtes classiques. Etant donné que la composition chimique et la texture des patates douces varient largement selon le cultivar, les conditions climatiques et de sol, le stade de maturité et la durée du stockage après récolte, les conserveries se chargent habituellement elles-mêmes de l'inspection et de la standardisation de la matière première. Les racines fraîchement déterrées sont préférées aux racines ressuyées et stockées.

Pour mettre en boîtes des lots assortis, l'industriel recherche des racines de 25-45 mm de large et de 50-175 mm de long. Les étapes essentielles de la transformation sont montrées à la Figure 1. Le pré-chauffage (à 63 °C, pendant huit minutes) chasse les gaz intercellulaires et permet d'obtenir un bon vide dans la boîte. Pour l'épluchage à la lessive, une solution de détergent à 10 % et une température de 93-94 °C pendant huit à dix minutes sont habituellement utilisées bien que des concentrations de lessive et des températures plus élevées puissent également être utilisées. L'adjonction de « surfactant » facilite l'enlèvement de la peau.

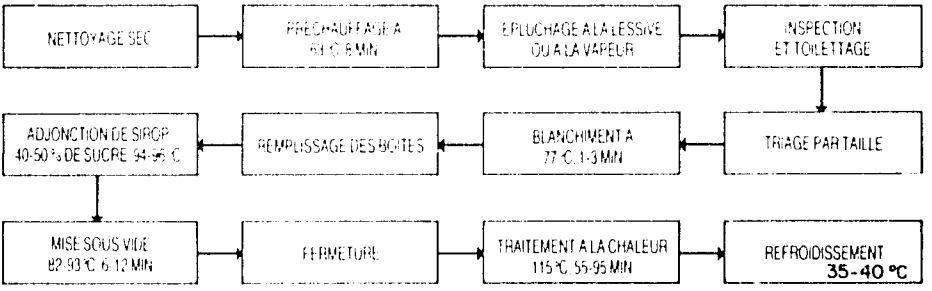


Figure 1. La mise en conserve des patates douces

L'épluchage à la vapeur est une innovation qui utilise une température de vapeur de 150 °C avec une application qui dure de quelques secondes à 1,5 minutes.

Les zones décolorées, les extrémités fibreuses et les portions endommagées sont éliminées au cours de l'inspection, du toilettage et du triage. Après le blanchiment, le matériel est immédiatement mis en boîte et recouvert de sirop pour éviter la décoloration. Toute la manipulation est faite sous eau additionnée d'un peu d'acide citrique. Le sirop doit être amené à une température de 94-96 °C avant le remplissage (Edmond et Ammerman 1971).

Bien que la mise en boîte soit une méthode sûre de conservation de la nourriture, le marché de la patate douce en conserve est probablement limité dans les pays en développement à cause de son prix élevé, principalement dû au coût de la boîte. Jusqu'à ce qu'une autre technique d'emballage soit mise au point, la mise en conserve des racines ne peut s'envisager que pour l'exploitation.

Chips, flocons et farine

La deshydratation des patates douces fraîches et précuites par séchage au soleil a été pratiquée depuis longtemps dans les pays en développement pour produire des cossettes et de la farine. Les

variétés blanches et colorées conviennent toutes pour le séchage au soleil. Les racines sont découpées en tranches de 2-3 mm et plongées dans de l'eau bouillante pendant six minutes. Les tranches blanchies ou non blanchies, avec ou sans traitement au métabisulfite de sodium, son séchées au soleil jusqu'à une humidité de 60 %. Les tranches sont maintenant cassantes et peuvent être moulues en farine. Les tranches et la farine restent en bon état pendant longtemps si elles sont conservées dans des conditions sèches (Jackson et Mohamed 1969). Une méthode semblable, mais utilisant le séchage artificiel, était en usag aux E.U. dans les années vingt (Hard et Cokerham 1921).

En Indonésie, les racines fraîches sont quelquefois plongées dans une solution salée à 8-10 % pendant une heure avant d'être découpées en chips et séchées au soleil. Le traitement à la saumure a été cité comme procédé pour arrêter le développement microbien pendant le séchage. Le Centre de Développement Technologique Alimentaire à Bogor a mis au point une découpeuse de chips manuelle peu coûteuse appelé Rasingko et un séchoir solaire à rayons pour le découpage et le séchage de la patate douce et d'autres racines (Namaken 1979).

La méthode de déshydratation moderne de la patate douce, toutefois, met en œuvre beaucoup plus d'unités opérationnelles, certaines d'entre elles étant communes au processus de mise en boîtes de conserve (Sparado et Patton 1961). Les unités opérationnelles essentielles sont décrites à la Figure 2. Pour les chips, les racines pelées sont rincées pour enlever l'amidon en excès, et après avoir été découpées en tranches, elles sont frites et emballées. Pour produire des flocons déshydratés, des tranches plus épaisses sont découpées (13 mm), blanchies puis réduites en purée. Celle-ci (20 % de matières solides) est passée à travers des tambours chauffés à la vapeur (séparés de 0,13 mm ; vitesse 2 rpm ; durée 20 sec ; pression de vapeur 6 atm). L'humidité des flocons est environ 2-4 %. Les flocons sont finalement moulus à l'aide d'un moulin pour noix de coco et emballés.

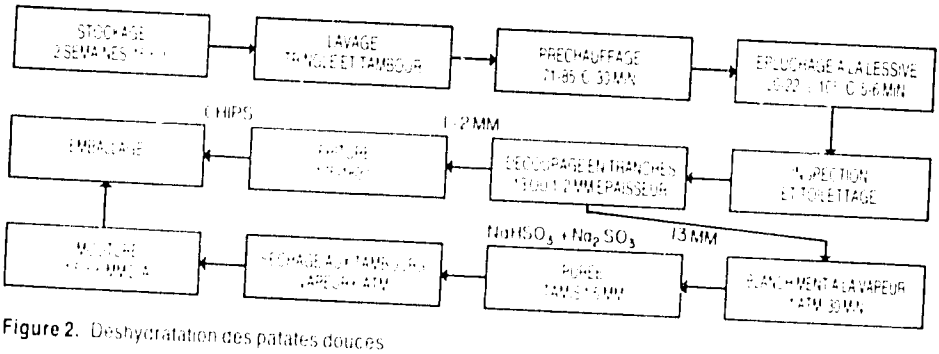


Figure 2. Déshydratation des patates douces

La teneur élevée des patates douces en sucre provoque un brunissement des chips et leur donne une saveur de brûlé quand elles sont frites dans l'huile. Wiley et Bouwhamp (1979) ont mis au point une technique d'extraction des sucres des patates douces et d'autres légumes et fruits par voie liquide avant qu'ils ne soient passés à la friture.

En Inde, la farine de patate douce est produite par déshydratation (habituellement séchage au soleil) et mouture des racines pelées, découpées en tranches et est utilisée en complément des farines de céréales dans les produits de la boulangerie, les crêpes, les puddings, etc. Elle agit comme additif conditionneur de la pâte dans la fabrication du pain et comme stabilisateur dans la crème glacée. Elle est aussi consommée dans certaines préparations culinaires en même temps que des gâteaux d'arachide. La farine de patate douce peut également être produite grâce au séchage par atomisation, ou par séchage en armoire des racines pelées, découpées en tranches.

L'utilisation des patates douces pour la fabrication du pain fut étudiée par Gore (1923) et plus récemment par Hamed *et al.* (1973). Les racines pelées et découpées en tranches furent séchées dans un four ouvert à 60 °C pendant dix à douze heures et moulues dans un moulin à disque pour produire la farine. Un traitement au métabisulfite (plongeant les tranches de racines dans une solution de métabisulfite de sodium pendant deux minutes) avant le séchage permettait d'obtenir une farine d'une couleur acceptable.

La déshydratation de la patate douce paraît avoir un grand potentiel comme méthode de conservation de la nourriture dans les pays en développement. Etant donné que la vapeur est le principal intrant énergétique, les pays disposant de ressources en énergie géothermique, comme l'Indonésie et les Philippines, peuvent réaliser la déshydratation des plantes à très bon marché. En Indonésie, la patate douce est cultivée à proximité de plusieurs sources d'énergie géothermique.

Amidon

Les variétés de patate douce qui possèdent une teneur élevée en amidon et une chair de couleur claire sont utilisées pour la fabrication d'amidon. Les étapes de la transformation sont analogues à ceux de la fabrication d'amidon à partir d'autres racines, excepté pour la suppression de la couleur, aux E.U., une usine expérimentale d'amidon de patate douce fut fondée en 1934 à Laurel, Mississippi et une entreprise commerciale fut installée à Clexiston, Floride, en 1945. Les entreprises, toutefois, durent être fermées à cause des coûts de production trop élevés, la mauvaise qualité de l'amidon et les bas revenus de la culture par acre.

Par contre, l'industrie japonaise de l'amidon de patate douce, sur petite échelle ou à l'échelle artisanale, est non seulement bien organisée, mais est capable d'affronter la concurrence d'autres amidons, grâce à sa capacité de s'adapter aux changements de la demande, grâce à ses rapports personnels étroits avec ses employés, ses relations de coopération avec des entreprises plus grandes et les utilisateurs, et une énergie abondante et bon marché. La capacité d'utiliser tous les sous-produits, de fournir des qualités non blanchies meilleur marché aux consommateurs là où la couleur ne nuire pas à conséquence, et le marché facile, s'ajoutent de plus à l'économie d'échelle. La capacité d'une entreprise japonaise de fabrication d'amidon est rarement supérieure à 10 t jour et elle ne travaille que trois mois (octobre-décembre) par an, habituellement en association étroite avec une conserverie qui récupère les racines qui ne conviennent pas à la production d'amidon (Anon 1968).

Les opérations de production d'amidon de patate douce sont maintenant en milieu alcalin (pH 8,6) de bout en bout en utilisant de la chaux qui floculé les impuretés et dissout les pigments. Les tubercules sont moulus dans de l'eau de chaux et l'amidon est séparé de la pulpe par lavage sur une série de tamis. L'amidon en suspension est alors blanchi à l'hypochlorite de sodium, si nécessaire et centrifugé. L'amidon est stocké humide dans des citernes en béton ou séché jusqu'à une teneur en humidité d'environ 12 % dans une sécheur sous vide, pulvérisé et tamisé. Le rendement est de 20-26 %. Un organigramme de processus est donné à la Figure 3. Dans les années 60, le décompte des frais de production de l'amidon au Japon était le suivant : matière première 70 %, autres matériels 7,3 % main d'œuvre 14,6 % autres dépenses (comme la dépréciation de l'intérêt) 8,1 %. Les revenus des sous-produits contribuaient pour environ 6 % à la réduction des frais de production. Avec la hausse des salaires, des taux d'intérêt, des prix de la matière première et des autres coûts, depuis cette époque, le tableau doit avoir quelque peu changé. La faible participation de la facture des salaires au coût de production total mérite cependant d'être signalée.

L'amidon de patate douce ne présente aucune qualité spéciale qui pourrait justifier une quelconque prime à la vente. Ses propriétés sont intermédiaires entre celles de l'amidon de pomme de terre et celles de l'amidon de maïs, manioc en matière de viscosité ou d'autres caractéristiques.

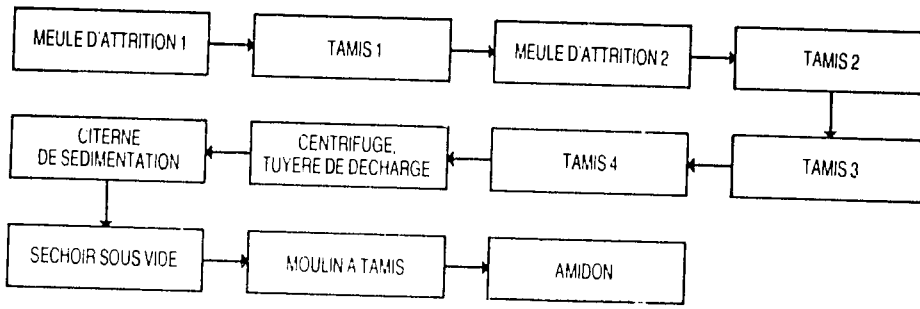


Figure 3. Production d'amidon de patate douce.

Glucose

L'amidon de patate douce peut être converti avantageusement en glucose par hydrolyse acide ou enzymatique. Alors que l'hydrolyse acide donne une conversion meilleure, l'hydrolyse enzymatique donne un produit de couleur et de saveur meilleures (Santosa 1977). Pour l'hydrolyse acide, de l'acide hydrochlorique dilué est ajouté dans un autoclave à une suspension à 35-40 % d'amidon dans de l'eau (concentration finale de l'acide 0,015 - 0,02 N), et chauffé à 140-160° C pendant 15-20 minutes. Le produit est ensuite neutralisé, traité au carbone actif, chauffé à nouveau et filtré à chaud à travers une centrifugeuse. Une fois le filtrat refroidi, le glucose cristallise. Le rendement est de 75-80 %. Agra *et al.* (1969) ont cité des rendements satisfaisants en amidon obtenus en faisant bouillir pendant trois heures une suspension à 13 % d'amidon de patate douce avec de l'acide hydrochlorique 0,2 N.

Pour l'hydrolyse enzymatique, les racines sont cuites à l'eau, réduites à pâte et saccharifiées par un traitement au malt (0,2 %) à 60° C. La solution est clarifiée et concentrée à une teneur en solide de 70 %. Le produit n'est pas aussi sucré que le sucre de canne et contient 30,1 % d'eau, 13,0 % de maltose, 70 % de sucrose et 14,0 % de dextrines (Dawson 1951).

UTILISATION DES SOUS-PRODUIT POUR L'ALIMENTATION ANIMALE

Des patates douces de qualité inférieure sont utilisées aux E.U. comme aliment riche en hydrates de carbone pour le bétail, spécialement pour les porcs, après découpage en morceaux et déshydratation.

Le matériel sèche est équivalent au maïs pour l'ensemble des éléments digestibles, mais pauvre en protéines. Cependant, si de la farine de graines de coton est ajoutée à de la farine de patate douce, il donne satisfaction comme aliment pour les animaux. La composition moyenne de la farine de patates douces séchées est : 90,2 % de matières sèches, 4,9 % de protéine ; 0,9 % de graisse ; 3,3 % de fibres, 77,0 % d'extrait non azoté, 4,1 % de sels minéraux ; 0,15 % de Ca et 0,14 % de P.

Un travail considérable a été effectué aux E.U. pour évaluer dans quelle mesure la patate douce pouvait être substituée au maïs pour l'alimentation des animaux. On a constaté que les racines charnues étaient un aliment satisfaisant pour les chevaux, les mules et les porcs. On a constaté que la farine de patate douce était efficiente à 90 % comme aliment pour les vaches de laiterie en allaitement, en comparaison avec la farine de maïs, et qu'elle pouvait être substituée jusqu'à 25 % à la nourriture des poulets. Étant donné que le déchiquetage ou le découpage en tranches étaient nécessaires pour faciliter le séchage, plusieurs machines peut coûteuses ont été mises au point.

Le séchage était effectué dans des conditions naturelles ou artificielles. Toutefois, les patates douces n'ont pas encore remplacé dans une mesure importante le maïs comme aliment pour les animaux aux E.U., en raison principalement des coûts élevés de la deshydratation (Edmond 1971).

Le feuillage constitue un aliment vert nutritif et de goût agréable pour le bétail. Le rendement moyen en feuillage à Madras, en Inde, varie de 9 à 33 t/ha, et lorsqu'il est cultivé seulement pour le fourrage en novembre-décembre, le rendement peut dépasser 65-80 t/ha moyennant trois ou quatre coupes (Mudaliar 1950). La valeur nutritionnelle du feuillage est proche de celle de la luzerne. Le feuillage sec contient : 90,7 % de matières sèches ; 16,6 % de protéine ; 19,1 % de fibres ; 3,3 % de graisse, 45,4 % d'extrait non azoté ; 10,2 % de sels minéraux ; 8,9 % de protéine digestible et 51,7 % d'éléments digestibles (Sen 1949).

Bennett et Gieger (1940) et Hall *et al.* (1954) ont étudié l'ensilage du feuillage de patates douces seul ou en combinaison avec de la mélasse et des racines. L'ensilage de patate douce avait les mêmes performances que l'ensilage de maïs pour l'alimentation des vaches laitières.

PULPE ENRICHIE, LEVURE, CAROTENE ET PECTINE

Aux E.U., on a recherché la possibilité de développer des produits issus des patates douces autres que l'amidon (Dawson 1951 ; Thurber 1951). Ces produits sont la bêta-carotène, la pectine, la pulpe enrichie en protéine et la levure alimentaire. L'extrait liquide et la pulpe contiennent tous les deux du carotène, qui peut être concentré dans du matériel à air séché à 2 000 ppm. L'extrait liquide est centrifugé pour enlever l'amidon, acidifié (pH 3,8) et chauffé à environ 80° C pour coaguler les protéines. Le coagulant est ajouté à la pulpe pressée ce qui donne un aliment contenant 10-12 % de protéine. La levure alimentaire peut aussi être cultivée sur le jus obtenu en utilisant le contenu en sucre pour obtenir un aliment protidique très riche.

La pectine de la patate douce est comparable à celle de la pomme pour ses propriétés gélifiantes. Elle est obtenue comme sous-produit à partir des déchets d'épluchages et de toilettage de la fabrication de l'amidon et des conserveries de patates douces. L'amidon est solubilisé par un traitement à l'amylase, et la pectine forme le résidu. Des concentrés de carotène ont aussi été préparés à partir de variétés riches en carotène. L'application commerciale de ces résultats de recherche n'est, toutefois, pas connu.

ENERGIE

Alcool

Les patates douces, tout comme d'autres racines ou graines amylacées, constituent la matière première pour la production fermentative d'alcool industriel, d'acide lactique, d'acétone, de butanol, de vinaigre et de levure. Au Japon, les racines brutes et le jus de pression sont employés pour la préparation de boissons alcoolisées après la saccharification par le liquide « koji ». Des vins traditionnels semblables sont fabriqués en Afrique et dans d'autres pays asiatiques. Généralement, seules des quantités relativement petites de matériels alimentaires sont utilisés pour la production de l'alcool et d'autres produits de fermentation. Mais avec l'accent récent mis sur « l'énergie à la ferme », de grandes quantités de matériels alimentaires, de grains, de tubercules et de cannes à sucre, sont destinées à être utilisées pour la production d'alcool sur une échelle telle que la disponibilité même en aliments à prix raisonnables est menacée.

Pour la première fois depuis les débuts de l'agriculture, le monde se trouve confronté à un détournement dangereux des ressources alimentaires qui survient au moment où la production alimentaire mondiale perd de sa force vive, où les prix des aliments sont en hausse et où la malnutrition et la faim sont en recrudescence.

Sans compter le fait qu'il réduit les ressources alimentaires humaines, le programme d'énergie verte aura d'autres implications socio-économiques. Le danger que présente la disponibilité de boissons alcoolisées pour des gens de tous les âges, pratiquement chez soi, ne devrait pas être sous-estimée. L'évacuation d'énormes quantités de déchets de distillerie peut également poser un grave problème. Chaque litre d'alcool produira dix litres d'eau usées qui sont acides (pH 4,5) et qui ont un BOD élevé (50 000 - 100 000 ppm). La teneur totale en solide est probablement très élevée aussi (Bhushan 1977).

La technologie de production d'alcool à partir des hydrates de carbone est bien connue. Les sucres sont convertis directement en alcool en anhydride carbonique par l'action des enzymes présents dans la levure vivante. Mais si des matières amylacées comme les patates douces ou d'autres racines ou grains sont à convertir en alcool, l'amidon est d'abord converti de façon enzymatique en sucre (glucose). La fermentation doit être réalisée en dilutions qui permettent aux cellules de levure de survivre et de multiplier. Le produit résultant est par conséquent de l'alcool dilué qui est rectifié par distillation fractionnée. Pour enlever les dernières traces d'eau de l'alcool rectifié (95 % d'alcool), on effectue la distillation azéotropique habituellement avec du benzène. La fermentation est traditionnellement réalisée dans de grandes cuves en bois par l'industrie de l'alcool éthylique, bien que d'autres matériaux de construction puissent aussi être utilisés. La rectification et la distillation azéotropique nécessitent l'emploi de hautes colonnes de fractionnement.

En Indonésie, où l'on projette de construire 2 000 usines de fabrication de l'alcool, les matières premières qui seront utilisées sont la patate douce, le manioc et le sagoutier. La préférence est donnée à la patate douce parce qu'elle peut être récoltée trois fois par an, à l'opposé du manioc, qui est récolté une fois tous les huit à dix mois (Anon 1980).

CONCLUSION

L'industrie de transformation de la patate douce présente un grand potentiel dans les pays tropicaux pour accroître les ressources alimentaires disponibles. En combinaison avec des légumineuses et d'autres aliments riches en protéine, la patate douce peut être utilisée pour combattre la malnutrition. Etant donné le caractère périssable de la racine, sa contribution à la consommation totale en calories par tête est à présent plutôt faible (seulement 2 % en Indonésie), mais elle peut être accrue considérablement si des techniques appropriées et peu coûteuses sont introduites dans la transformation de la patate douce.

Un examen des pratiques et technologies existantes pour transformer la patate douce suggère la nécessité d'intrants scientifiques et technologiques pour améliorer les technologies traditionnelles et pour modifier ou adopter les technologies de la transformation qui non seulement renforcent l'industrie de niveau artisanal existante mais favorisent également les industries alimentaires utilisant une main d'œuvre nombreuse moyennant un faible investissement.

REMERCIEMENTS

Pour leur aide précieuse dans la préparation de cette communication, l'auteur est profondément reconnaissant à Mr Bharat Bhushan, Député Directeur du Laboratoire de Recherche Régional, Hyderabad, Inde, qui est actuellement consultant pour le Centre de Développement Technologique Alimentaire, et à Mr Yadi Haryadi, membre de l'équipe du FTDC, actuellement au CFTRI, à Mysore, Inde.

BIBLIOGRAPHIE

AGRA, I. D., SRI WARNAJATI and R. S. RIJADI. 1969. Hydrolysis of sweet potato starch at atmospheric pressure. Res. I. (Indonesian). 2 (3) : 34-44.

AMMERMAN, G. R. and J. B. EDMOND. 1971. Canning of sweet potatoes. *In* J. B. Edmond and G. R. Ammerman, Sweet potatoes: Production, Processing and Marketing. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn.

ANONYMOUS. 1980. Gasohol project of Indonesia. Nusantara Development news. (4) : 55; Fuel crops serious danger to food availability. (6) : 45; Ethanol project will improve farmers income (10) : 57; Energy research for Third World (11) : 70-73. Food Tech. Res. Center, IPB, Bogor, Indonesia.

ANONYMOUS. 1968. Sweet potato starch and other products. Indian Food Packer. 22 (5) : 47-50.

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER (AVRDC). 1976. Sweet potato report for 1975. Shanhua, Taiwan. 44 pp.

BENNETT, H. W. and M. GEIGER. 1960. Sweet potato vine silage. Mississippi Agric. Expl. Sta. Infor. Sheet 215.

BIRO PUSAT STATISTIK. 1978. Pocket book of Indonesian statistics 1977-1978. Central Bureau Statistics, Jakarta, Indonesia.

BOGGRESS, T. S., J. R. MARISON, J. G. WOODROOF and A. H. DEMSEY. 1967. Chang.

BOGGRESS, T. S. Ir. MARION, I. G. WOODROOF and A. H. DEMSEY. 1967. Changes in lipid composition of sweet potatoes as affected by controlled storage. Food Sci. 32 (5) : 554-558.

BOOTH, R. H. 1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops. Tropical Sci. 16 (2) : 49-63.

BRAMLAGE, W. J. and W. J. LIPTON. 1965. Gamma radiation of vegetables to extend market life. U. S. Dept. Agric., Agric. Res. Service Rept. 703

BHUSHAN, B. 1977. Agricultural residues and their utilization in some countries of South and South-East Asia. UNDP FAO Seminar. Rome, January 6-11.

CHADHA, Y. R. and T. DAKSHINAMURTHY. 1965. Sources of starch in commonwealth teritories — Pt V: Sweet Potato. Tropical Sci. 7 : 56-66.

DAWSON, P. R. 1951. Sweet potato for food and feed. U. S. Dept. Agric. Yearbook. 1950-51 : 204-210.

DIRECTORATE OF FOOD CROPS. 1980. Direktorat bina programm tanaman pangan 1974-1979. Ministry of Agric., Jakarta, Indonesia.

EDMOND, J. B. 1971. Production for industrial uses and feed. *In* J. B. Edmond and G. R. Ammerman, Sweet potatoes: Production, Processing and Marketing. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn. 334 pp.

GORE, H. C. 1923. The value of sweet potato in breadmaking. Ind. Engg. Chem. 15 : 1238.

HALL, H. H., J. L. ESCHELLS, I. D. JONES and W. M. LEXIS. 1954. Microbial and chemical studies on sweet potato vine silage. J. Dairy Sci. 37 : 1325-1336.

HAMED, M. G. E., F. Y. REFAI, M. F. HUSSEIN and S. K. EL-SMAHY. 1973. Effect of adding sweet potato flour to wheat flour on physical dough properties and baking. Cereal Chem. 50 (2) : 140-146.

HARDJO HUTOMO, H. 1952. Ubi djalar sebagai makanan utama. (in Indonesian). Directorate of Food Crops, Ministry of Agric., Jakarta.

INDIAN COUNCIL OF AGRICULTURAL RESEARCH. 1956. Harvesting and storage of sweet potato. Farm News Release No. 172. *In* Wealth of India : A dictionary of Indian raw materials. 1959. Council of Scientific & Ind. Res., New Delhi. 5 : 244.

JACKSON, T. H. and B. B. MOHAMED. 1969. Sundrying of fruits and vegetables. FAO Agric. Service Bull. 5.

MUDALIAR. 1950. Cattlefeed from sweet potato vine. Madras Agric. J. 37 : 421.

NAMAKEN SEMBIRING. 1979. Alat-alat yang telah dibuat. FTDC. Bull. Penelitian dan Pengembangan (1) : 46. Food Tech. Dev. Center, IPB, Bogor, Indonesia.

ONWUEME, I. C. 1978. The tropical tuber crops, John Wiley, New York. 191 pp.

PATERSON, D. R. 1957. Some effects of preharvest foliage sprays of maleic hydrazide on proximal dominante and sprout inhibition of sweet potatoes. Bot. Gaz. 18 : 265-267.

SANTOSA, A. L. 1977. Pengaruh kelembaban dan suhu penyimpanan pada sifat fisiko-kimia ubi jalar (*Ipomoea batatas*, Poir). (in Indonesian). Dissertation. Bogor Agricultural University (IPB), Bogor, Indonesia.

SPARDE, J. T. and E. L. PATTON. 1961. Precooked dehydrated sweet potato flakes. Food Engg. 33 (7) : 46-48.

SEN. 1949. Sweet potato vine as cattlefeed. Indian Farming. 10 : 288. *In* Wealth of India : A dictionary of Indian raw materials. 1959. Council of Scientific & Ind. Res., New Delhi. 5 : 246.

SIMON, H. M. and L. E. SCOT. 1952. Attempts to inhibit sprouting of sweet potato with growth regulating chemicals. Proc. Amer. Hort. Sci. 59 : 426-432.

SURYATNA, E. 1981. Ubi jalar kemungkinan pengembangannya di. (in Indonesian). Central Res. Inst. for Agric. Bogor, Indonesia.

THURBER, F. H. 1951. Production of sweet potato starch. U. S. Dept. Agric. Yearbook 1950-51 : 163-167.

WARGIONO, H. J. 1969. Pedoman bercocok tanam ubi jalar. (in Indonesian).

WILEY, R. C. and J. BOUWKAMP. 1979. Sweet potato chips. Food Engg. Inter. 4 (5) : 28-29.

WINARNO, F. G., W. SOESARSONO and S. IRLAN. 1980. Agricultural marketing system in Bogor area. Inst of Dev. Econ., Tokyo, Japan.

L'UTILISATION DES PATATES DOUCES POUR L'ALIMENTATION ANIMALE ET POUR L'INDUSTRIE: POTENTIALITES ET PROBLEMES

T. P. YEH
Institut de Recherches sur le Porc de Taïwan, Institut de Recherches sur l'Elevage, Taïwan Sugar Corporation, Chu-Nan, Miao-li, Taïwan 350.

INTRODUCTION

En 1978, à Taïwan, 73% des patates douces produites furent utilisées pour l'alimentation des animaux alors que 11% et 16% des patates douces furent employées respectivement pour l'alimentation humaine et dans l'industrie de l'amidon. Les tiges de patates douces furent utilisées presque exclusivement pour l'alimentation des animaux. Bien que le maïs importé, plutôt que la patate douce, soit largement et très efficacement utilisé comme source principale d'hydrates de carbone pour les rations alimentaires des porcs dans notre industrie animale actuelle, des efforts soutenus ont été consentis pour obtenir une meilleure utilisation des patates douces comme aliment pour les animaux. Les aspects suivants du problème sont étudiés ici:

(1) Déterminer la proportion optimum des patates douces et du maïs dans un régime alimentaire pour porc.

(2) Définir le procédé le plus efficace pour améliorer la valeur nutritive des patates douces.

(3) Etablir les effets de l'alimentation à base de patates douces sur la qualité de la carcasse des porcs à l'engraissement.

(4) L'alimentation des porcs avec un cultivar de patate douce riche en protéine.

(5) L'application possible des patates douces comme aliment pour le bétail, et

(6) Accroître la production nutritionnelle des patates douces.

Cette communication se propose de discuter de la meilleure utilisation des patates douces pour l'alimentation des animaux du point de vue des six aspects de la recherche actuelle cités ci-dessus.

ELEMENTS NUTRITIFS DIGESTIBLES DES PATATES DOUCES POUR L'ALIMENTATION DES PORCS

Yang *et al.* (1975) ont établi que la teneur en protéines brutes des patates douces variait de 3,5 à 7,1% sur la base des matières sèches, et que les teneurs en protéine et en lysine sont influencées de façon significative par la variation entre variétés. Un exemple de résultats d'analyse des acides aminés pour les chips de patate douce figure au Tableau 1, indiquant de façon comparative des teneurs plus basses en méthionine, cystine, trytophane et tyrosine pour Tainung 57 que pour HP-18 (Cultivar riche en protéine). L'énergie digestible (ED), l'énergie métabolisable (EM) et

l'énergie nette (EN) des chips de patate douce et de maïs pour les porcs ont été calculées par Wu (1980). Les résultats montraient que l'ED et l'EM des chips de patate douce représentaient 91 % de celles du maïs, alors que l'EN des chips de patate douce représentait seulement 79 % de celle du maïs. Par conséquent, les chips de patate douce ne sont pas comparables au maïs comme nourriture pour porc, que ce soit en termes de quantité ou de qualité de protéine digestible et d'énergie.

Tableau 1. Comparaison de certains acides aminés entre Tainung 57 et HP-18 (Chips, % échantillon séché à l'air)

Acides aminés	Chips de patate douce[z]		Maïs jaune[y]
	Tainung 57	HP-18	
Matières sèches	90.50	90.40	89.00
Protéines brutes	2.90	6.35	8.90
Cystine	0.03	0.10	0.09
Isoleucine	0.12	0.24	0.45
Lysine	0.13	0.26	0.18
Méthionine	0.04	0.12	0.09
Phénylalanine	0.13	0.31	0.45
Thréonine	0.11	0.29	0.36
Tryptophane	0.41	—	0.09
Tyrosine	0.05	0.[illegible]	0.39

[z] Source : Yeh *et al* (1979)
[y] Source : Livestock Res. Inst. (1976)

LES PATATES DOUCES POUR L'ALIMENTATION DU PORC

Efficience de l'alimentation et taux de croissance

Koh et al. (1976) ont établi qu'une ingestion journalière de 334 g de protéine brute et une consommation journalière d'énergie brute de 8,5 Mcal avaient pour résultat une croissance satisfaisante pour les porcs en fin de croissance et nourris de rations de patates douces crues ou des chips séchés de patate douce. L'aliment constitué de patates douces crues pour les porcs en fin de croissance exige un complément de farine de soja ou un complément protidique afin d'obtenir un aussi bon résultat qu'avec les chips séchés de patate douce. Le coût par kg de gain du premier est également supérieur à celui du dernier. Les résultats ci-dessus montrent que l'utilisation de chips séchés au soleil est plus économique que celle de patates douces crues (Tableau 2). Les résultats de beaucoup d'expérimentations d'alimentation (Koh *et al.* 1960 ; Tai et Lei 1970 ; Tai et Lei 1979 ; Yeh *et al.* 1979 et Yeh *et al.* 1980) ont confirmé que le comportement des porcs nourris de chips de patates douces séchés n'était pas comparable à celui des porcs nourris au maïs, mais le gain journalier et le rapport ration-sur-gain étaient légèrement supérieurs quand les porcs étaient nourris de rations constituées de chips de patates douces séchés remplaçant 25 % du maïs de la ration (Tableau 3).

Qualité de la carcasse de porcs nourris de chips de patate douce

Tai et Lei (1970) ont mentionné dans leurs rapports que l'épaisseur de la graisse du dos des porcs devient plus mince quand la proportion de chips de patate douce augmente dans leur ration. Une graisse du dos plus mince et un pourcentage plus élevé de morceaux maigres sont obtenus quand les rations des porcs sont formulées avec des chips de patate douce remplaçant la moitié ou la totalité du maïs (Yeh *et al.* 1979 et 1980 ; Tableau 4). Le point de fusion et de la graisse porcine, et la teneur en acides gras insaturés, sont significativement ($P < 0,05$ ou $P = 0,01$) plus

pas quand les porcs sont nourris de patates douces (Kawaita *et al.* 1979). Ces résultats expérimentaux montrent que les chips de patate douce séchés peuvent améliorer la qualité de la carcasse et la qualité de la graisse porcine des porcs en fin de croissance.

Tableau 2. L'alimentation à base de chips de patates douces frais et séchés au soleil pour l'engraissement des porcs (poids du corps 26-90 kg)

Traitement	Consommation moyenne par jour (kg)	Gain moyen journalier[x] (kg)	Epaisseur de la graisse du dos[z] (cm)	Nombre de jours d'alimentation jusqu'à un poids vif de 90 kg
1. Rations équilibrées farines de maïs-soja	2.02	0.78 a	2.89 a	83
2. Farine de soja-maïs-feuillage de patate douce	0.41 1.42 1.03	0.66 b	2.61 ab	98
3. Farine de soja-chips de patate douce séchés - tiges de patate douce	0.61 1.45 1.04	0.63 b	2.25 b	102
4. Farine de soja-chips de patate douce frais - tiges de patate douce	0.64 4.59 1.00	0.54 c	2.46 ab	118

[z] Source: Koh *et al.* (1976)

[x] Les valeurs d'une même colonne suivies de lettres différentes sont significatives et différentes ($P < 0,01$ ou $0,05$)

Tableau 3. Les performances de porcs à l'engraissement nourris avec des proportions différentes de maïs et de chips de patate douce

Traitement		Gain journalier (kg)	Alimentation gain (kg/kg)	Source
Maïs dans la ration (%)	Chips de patate douce dans ration (%)			
65 - 83	0	0.53	3.93	Koh *et al* (1960)
0	56 - 72	0.37	4.79	
30 - 39	30 - 39	0.48	3.83	
63 - 81	0	0.65 ab	3.38	Tai and Lei (1970)
45 - 58	15 - 20	0.66 a	3.37	
29 - 37	29 - 37	0.62 b	3.54	
14 - 18	42 - 54	0.58 c	3.74	
0	54 - 68	0.56 d	3.81	
72 - 84	0	0.60 a	3.08 b	Yeh *et al* (1979)
35 - 41	35 - 41	0.48 b	3.84 b	
0	69 - 81	0.44 e	4.08 a	
69 - 75	0	0.69 a	2.95 b	Yeh *et al* (1980)
0	63 - 68	0.60 c	3.37 a	
33 - 36	33 - 36	0.66 b	3.13 b	
72 - 84	0	0.56	3.14	Lee and Lee (1979)
35 - 41	35 - 41	0.49	3.71	
0	69 - 81	0.48	3.80	

LES PATATES DOUCES POUR L'ALIMENTATION DU BETAIL

La valeur alimentaire des tiges de patate douce pour le bétail a été évaluée (Chen *et al.* 1979; Chen et Chen 1979; Chen *et al.* 1979). Les tiges fraîches de patate douce sont appréciées du bétail, et une vache qui pèse 400-500 kg peut en consommer journalièrement 50-70 kg. Une proportion accrue en tiges fraîches de patates douces entraîne une production de lait plus importante. Aucun effet pernicieux sur la santé ou le pH du lait, l'acidité ou le poids spécifique ne fut remarqué suite à l'utilisation de matériels frais comme seul ballast dans l'alimentation. Le prix élevé de la deshydratation mécanique et la réduction du caractère appétissant font que l'emploi de tiges de patates douces deshydratées pourrait être moins pratique que celui de tiges fraîches, séchées au soleil, ou ensilées pour nourrir les génisses en croissance.

POTENTIEL ET PROBLEMES POSES PAR L'UTILISATION INDUSTRIELLE DE LA PATATE DOUCE

Procédé de séchage par la chaleur des rations pour porcs

La disponibilité de l'amidon et la valeur nutritive de chips de patate douce séchées ne sont améliorées ni par le chauffage à micro-ondes (80-90° C, 1,5-4,5 min, fréquence d'onde 2450 MHZ) ni par un séchage rapide à haute température (340-430° C, 1 min). Mais le « popping » des chips (de la même façon que le « poprice », à 6-8 kg cm² de pression à 164-178° C) peut améliorer leur teneur en amidon et leur digestibilité de l'azote (Yeh *et al.* 1977; 1978; 1980 et Wu 1980; Tableau 5). De plus, l'activité inhibitrice de la trypsine des chips peut être complètement éliminée par le traitement de « popping », mais non par le procédé de séchage rapide à haute température, qui est conçu pour la production à grande échelle. La lysine disponible dans les chips est réduite par le séchage à la chaleur à haute température (Yeh *et al.* 1978 et Yeh *et al.* 1980). Les résultats des essais de nutrition ont montré que le gain journalier et l'efficience alimentaire des porcs nourris avec des chips séchés éclatés par « popping » étaient significativement améliorés comparé à ceux des porcs nourris avec des chips séchés non traités ($P < 0,05$ ou $P < 0,01$), et que les performances des porcs étaient comparables à celles des porcs nourris de rations de maïs. Le gain

Tableau 4. Performances de porcs en fin de croissance selon différents régimes alimentaires

Traitement		Epaisseur de la graisse du dos (cm)	% de viande maigre	Source
Maïs dans la ration (%)	Patate douce dans la ration (%)			
63-81	0	4.47	–	Tai and Lei (1970)
45-58	15-20	4.34	–	
29-37	29-37	3.81	–	
14-18	42-54	3.53	–	
0	54-68	3.84	–	
72-84	0	3.57	47.19	Yeh *et al* (1979)
35-41	35-41	3.20	47.35	
0	69-81	3.30	47.43	
69-75	0	3.25	52.77	Yeh *et al* (1980)
0	63-68	3.22	54.12	
33-36	33-36	3.10	54.89	

journalier et la rapport ration-sur-gain des porcs en fin de croissance nourris de chips séchés n'ayant pas subi le « popping », substitués pour 40 % au maïs de leur ration, étaient significativement ($P < 0,01$) inférieurs à ceux des porcs nourris de maïs ou de chips séchés ayant subi le « popping » (Yeh *et al.* 1978 ; Wu *et al.* 1980).

Tableau 5. Disponibilites en amidon de chips de patates douces traitées à la chaleur sèche

Traitement	Disponibilité en amidon ml CO_2/g MS/h	% d'amélioration	Source
Chauffage aux micro-ondes [z]			
Non traité	20.50	–	Yeh *et al* (1977)
Chauffage pendant 1.5 mn à 80-90 °C	19.87	– 3.17	
Chauffage pendant 3 mn à 80-90 °C	19.90	– 3.00	
Chauffage pendant 4.5 mn à 80-90 °C	19.85	– 3.17	
« Popping [y] **»**			
Non traité	19.26	–	Yeh *et al* (1977)
6 kg/cm² 164 °C	52.02	170.09	
8 kg/cm², 175 °C	53.65	178.56	
12 kg/cm², 191 °C	46.64	142.16	
« Popping [x] **»**			
Non traité	15.21	–	Yeh *et al* (1978)
6 kg/cm² 164 °C	47.77	194.35	
8 kg/cm², 175 °C	42.56	179.82	
Passage dans l'air sec pendant 1 mn			
non traité	10.58	–	Yeh *et al* (1980)
à 390 °C	11.35	7.28	
à 430 °C	15.15	43.19	

[z] Patate douce Tainung 57, teneur en eau des chips 8.75 %
[y] Patate douce Tainung 57, teneur en eau des chips 8.16 %
[x] Patate douce Tainung 57, teneur en eau des chips 9 - 10 %

HP-18, un cultivar riche en protéine pour l'alimentation des porcs

Lin et Chen (1980) ont souligné des différences significatives d'activité inhibitrice de la trypsine (AIT) entre cultivars, inhibition atteignant 90 % pour HP-18 et 20 % pour Tainung 48. Une corrélation significativement positive ($P < 0,05$) entre AIT (pourcentage d'inhibition) et la qualité de protéine brute totale fut trouvée. L'AIT des chips préparés avec le cultivar HP-18 ne pouvait pas être éliminée par la mise sous forme de boulettes à la température ambiante ou à 80 °C, et les performances des porcs nourris de boulettes de chips préparés à 80 °C étaient inférieures à celles des porcs nourris de la même ration, mais pour laquelle la mise sous forme de boulettes avait été effectuée à la température ambiante. Il y avait toujours une tendance aux performances plus faibles chez les porcs nourris de chips séchés de HP-18, comparé à celles des porcs nourris de rations de maïs (Yeh *et al.* ; Tableau 6). Un chauffage sec et rapide à température élevée à 330 °C des chips séchés de HP-18 ne pouvait non plus éliminer l'AIT, et réduisait le pourcentage de lysine disponible sans aucune amélioration de la disponibilité en amidon. Par conséquent, les performances des porcs nourris de cette ration étaient non seulement inférieures à celles obtenues avec des rations de maïs mais aussi à celles obtenues avec des chips non traitées (Yeh *et al.* 1980 ; Tableau 7). En ce qui concerne l'application d'engrais au cultivar HP-18, en augmentant l'application d'azote on augmentait aussi la teneur en protéine et en lysine des racines, des tiges et des feuilles (Yeh *et al.* 1980).

Tableau 6. Les effets de la température à laquelle les boulettes sont confectionnées sur les performances de porcs en fin de croissance (poids du corps de 19-90 kg) [Z]

Traitements		Gain journalier (kg)	Ration/gain (kg/kg)
Principaux hydrates de carbone [Y]	Température de confection des boulettes		
Maïs	Temp. ambiante 80°C	0.61 a 0.60 a	3.06 a 3.10 a
½ maïs + chips de patate douce	Temp. ambiante 80°C	0.51 b 0.46 c	3.62 bcd 4.05 bc
Chips de patate douce	Temp. ambiante 80°C	0.44 cd 0.44 cd	4.11 ab 4.06 bc
Chips de patate douce + tiges de patate douce	Temp. ambiante 80°C	0.34 e 0.36 de	5.16 a 4.84 a

[Y] Les chips séchées au soleil de HP-18 et la farine déshydratée de HP-4 furent utilisées pour les chips et les tiges, respectivement.
[Z] Source: Yeh et al. (1979)

L'urée d'amidon (starea) pour le bétail

Une série d'essais furent réalisés pour évaluer l'efficacité de la mise sous forme de gélatine de l'urée de la farine de patate douce (GUSP), par Chen *et al.* (1978). Le bétail recevant des rations de farine de soja se comportait significativement mieux qu'avec des rations d'urée et des rations de GUSP, bien que la valeur alimentaire des rations de GUSP soit meilleure que celle des rations d'urée. Les résultats des études sur le métabolisme semblent montrer que l'effet du GUSP sur la digestibilité des matières sèches, de même que sur les protéines brutes, les fibres brutes, et sur le

Tableau 7. Les effets du chauffage sec momentané à haute température sur les performances de porcs en fin de croissance (poids du corps de 20-90 kg) [Z]

Traitements [Y]		Gain journalier [X] (kg)	Ration/gain [X] (kg/kg)	% de viande maigre
Principaux hydrates de carbone	Chauffage sec			
Maïs	Pas de chauffage	0.69 a	2.95 c	52.77
Chips de patate douce	Chauffage momentané 390°C	0.61 c	3.29 ab	52.92
½ maïs + ½ chips de patate douce	Chauffage momentané 390°C	0.65 bc	3.18 ab	52.60
Chips de patate douce + suif	Pas de chauffage	0.60 cd	3.37 a	54.12
½ maïs + ½ chips de patate douce	Pas de chauffage	0.66 ab	3.13 bc	54.89
Chips de patate douce + tallow	Pas de chauffage	0.61 bc	3.27 ab	52.37

[Z] Source: Yeh *et al.* (1980)
[X] Les valeurs de la même colonne suivies par des lettres différentes diffèrent significativement à ($P < 0,05$) ou très significativement à ($P < 0,01$)
[Y] Des chips de HP-18 séchées au soleil ont été utilisées

niveau de rétention de l'azote de l'urée sanguine était similaire à l'effet de la farine de soja, mais que l'urée seule était inférieure à la farine de soja à ces points de vue.

CONCLUSION

Les chips de patate douce séchées au soleil ont été jugées très économiques pour la nourriture des porcs. Il ressort clairement de toute une série d'essais d'alimentation que quand les chips remplacent 25 % du maïs de la ration du porc, les résultats sont comparables à ceux obtenus avec la ration constituée de maïs seul. La qualité de la carcasse des porcs, y compris le pourcentage de viande maigre, pourrait être améliorée en donnant aux porcs des rations contenant plus de 50 % de chips séchés au soleil pour remplacer le maïs de la ration.

En vue d'améliorer la valeur nutritive des chips de patate douce séchées au soleil pour une utilisation plus efficace dans l'alimentation des porcs, différents procédés de séchage sec ont été étudiés. La disponibiltié en amidon et la valeur nutritive des chips séchées au soleil furent améliorées et l'activité inhibitrice de la trypsine (AIT) fut complètement éliminée par le « popping » (6-9 kg/cm² de pression à 164-175 °C) des chips, et a également permis de bonnes performances chez les porcs. Mais le chauffage sec à haute température (390 °C, 1 min) ou la mise en boulettes à 80 °C des chips séchées au soleil du cultivar HP-18 riche en protéine ne parvinrent pas à éliminer l'AIT ni à améliorer les valeurs alimentaires, et des performances inférieures furent observées de la part des porcs.

Une application plus forte d'engrais azoté accroissait la teneur des racines, des tiges et des feuilles de HP-18 en protéine et en lysine. Les tiges de patate douce déshydratées se montraient moins intéressantes pour l'alimentation du bétail que les tiges fraîches, séchées au soleil ou ensilées. Les chips de patate douce complétées par de l'urée s'est montrée la combinaison la plus économique pour la croissance du bétail, et l'urée de l'amidon était meilleure que l'urée seule pour l'alimentation du bétail, ce qui montrait qu'il existait un potentiel pour la mise en gélatine de l'urée de la farine de patate douce comme ration alimentaire pour le bétail.

BIBLIOGRAPHIE

CHEN, M. C. and C. P. CHEN. 1979. Studies on the utilization of sweet potato chips and cassava pomace for cattle. (in Chinese with English summary). J. Agric. Asso. China. New series 107 : 45-54.

CHEN, M. C., C. P. CHEN and S. L. DIN. 1979. The nutritive value of sweet potato vines for cattle. (in Chinese with English summary). J. Agric. Asso. China. New series 107 : 55-60.

CHEN, M. C., C. P. CHEN and T. C. WANG. 1978. Nutritional evaluation of gelatinized urea-sweet potato meal for cattle. (in Chinese with English summary). J. Agric. Asso. China. New series 103 : 94-103.

CHEN, M. C., J. J. YI and T. C. HSU. 1977. The nutritive value of sweet potato vines produced in Taiwan for cattle. (in Chinese with English summary). J. Agric. Asso. China. New series 99 : 39-45.

KAWAITA, H., M. FUKUMOT, S. KUSUNOKI and Y. MIYAUCHI. 1979. Effects of sweet potato feeding on porcine fat melting point and fatty acid composition. (in Japanese). Japanese J. Swine Husbandry Res. 16(2) : 184.

KOH, F. K., W. C. CHOW and N. L. TAI. 1960. Comparative feeding value of yellow corn and sweet potato chips for growing-finishing pigs. (in Chinese). Farm Anim. Breeding Sta., Taiwan Sugar Corp. Ann. Res. Report. 33-36 and 37-42. Chunan, Taiwan, Republic of China.

KOH, F. K., T. P. YEH, and H. T. YEN. 1976. Effects of feeding sweet potatoes, potatoes, dried sweet potato chips and sweet potato vine on the growth performance of growing-finishing pigs. (in Chinese with English summary). J. Chinese Soc. Anim. Sci. 5 (3-4) : 55-67.

LEE, P. K. and M. S. LEE. 1979. Study on hog feed formula of using high protein sweet potato chips and dehydrated sweet potato vines as the main ingredient. (in Chinese with English summary). J. Taiwan Livestock Res. 12 (1) : 49-71.

LIN, Y. H. and H. L. CHEN. 1980. Level and heat stability of trypsin inhibitor activity among sweet potato varieties. Bot. Bull. Academia Sinica. New series 21 : 1-13.

LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE. 1976. The tables of feed composition. Hsinghua, Tainan, Taiwan.

TAI, N. L. and T. S. LEI, 1970. Determination of proper amount of yellow corn and dried sweet potatoes in swine feed. (in Chinese with English summary). J. Agric. Asso. China. New series 70 : 71-76.

WU, J. F. 1980. Energy value of sweet potato chips for young swine. J. Anim. Sci. 51 (6) : 1261-1265.

WU, J. F., M. C. WU, S. Y. CHEN and T. P. YEH. 1980. (Unpublished data). Pig Res. Inst. Chunan, Taiwan.

YANG, T. H., Y. C. TAI, C. T. SHEN, H. S. KO, S. W. CHEN and R. O. BLACKWELL. 1975. Studies on protein nutrition of the main food in Taiwan. (in Chinese with English summary). J. Chinese Agric. Chem. Soc. 13 (1-2) : 132-138.

YEH, T. P., S. Y. CHEN and Y. CHANG. 1980. (Unpublished data). Anim. Ind. Res. Inst., Taiwan Sugar Corp. Chunan, Taiwan.

YEH, T. P., S. Y. CHEN and M. C. WU. 1979. (Unpublished data). Anim. Ind. Res. Inst., Taiwan Sugar Corp. Chunan, Taiwan

YEH, T. P., Y. T. CHEN and C. C. SUN. 1980. The effects of fertilizer application on the nutrient composition of high protein cultivars of sweet potatoes. (Accepted for publication J. Agric. Asso. China).

YEH, T. P., S. C. WUNG, H. K. LIN and C. C. KUO. 1978. Studies on different methods of processing some local feed materials to enhance their nutritive values for swine. (in Chinese with English summary). Anim. Ind. Res. Inst., Taiwan Sugar Corp. Ann. Res. Report. 25-31.

YEH, T. P., S. C. WUNG, F. K. KOH, S. Y. LEE and J. F. WU. 1977. Improvement in the nutritive values of sweet potato chips by different methods of processing. (in Chinese with English summary). Anim. Ind. Res. Inst. Taiwan Sugar Corp. Ann. Res. Report. 89-95.

LA PRODUCTION COMMERCIALE DE FARINE ET DE PRODUITS ALIMENTAIRES A PARTIR DES PATATES DOUCES

J. M. TAYLOR
Field Agro Industries Inc., Peter Go Bldg, Mango Ave, Cebu City, Philippines.

RESUME

Le projet en discussion comporte la culture de variétés améliorées de patates douces *(Ipomoea batatas)* dans une zone pilote à Bohol, Central Visayas, Philippines, et la transformation de la plante en un produit complémentaire et de substitution partielle pour la farine de froment à partir de racines sélectionnées de haute qualité, et en un produit alimentaire pour les animaux à partir des racines de qualité inférieure, des épluchures et des sommets des tiges.

L'usine envisagée de transformation de farine aura une capacité initiale de 1000 kg par jour de produit fini pour environ 5000 kg de racines fraîches au départ. Le produit final sera vendu comme complément du froment a substituer à ce dernier comme ingrédient de la farine de froment dans une proportion maximum de 20 % pour la boulangerie, spécifiquement pour la production de « pan de sal », une sorte de pain local. La capacité du projet sera accrue en fonction des conditions du marché. On espère également en fournir aux agences du gouvernement engagées dans des programmes de nutrition dans les écoles et les communautés en crise.

Les opérations seront conçues pour assurer un approvisionnement régulier en matières premières à l'usine de production de farine. Le plan demandera l'organisation d'un système de contrat d'exploitation culturale avec les petits propriétaires terriens de la zone, le financement de la culture étant facilité par les banques rurales de la province.

Le projet sera dirigé par Field Agro-Industries, Inc, une compagnie basée à Cebu s'occupant de la production et la distribution d'aliments. Une nouvelle société sera formée pour cette entreprise agro-industrielle avec une participation équitable des banques rurales, des planteurs de patates douces et de la compagnie mère, Field Agro-Industries. Le travail de recherche et de développement pour ce sujet est initié avec l'assistance spéciale de FMC International, SA pour les essais sur le terrain à Bohol et l'Université des Philippines, l'Institut des Industries de Petite-Echelle pour la préparation de l'étude de faisabilité du projet. Généralement, l'analyse du projet qui suit est limitée aux aspects de faisabilité sur le marché, à la maniabilité du procédé de production, à la décision d'investissement et au plan de financement proposé. La technique détaillée de l'usine de farine projetée sera mise en œuvre dès que les tests de marché à echelle commerciale seront réalisés, et que leurs résultats seront jugés satisfaisants.

ASPECTS ESSENTIELS DES HYPOTHESES MAJEURES

Les premières plantations de patates douces seront entreprises par la Field Agro-Industries dans une ferme de démonstration de 5 ha située à Trinidad, Bohol. La variété de patate douce qui

L'expansion des superficies à mettre en patate douce se fera grâce à des prêts de production consentis par les banques rurales de Bohol. Ces prêts seront utilisés pour la préparation des terres, l'achat des engrais et des pesticides, les frais de main d'œuvre, les désherbages et la récolte, et ils se monteront à 2500 ₱/ha. Le taux approximatif de change est de 1 $ US = 7.50 ₱ en 1981. Les emprunteurs accepteront de vendre leur récolte à l'usine de transformation à 0,25 ₱ le kg. En supposant prudemment le rendement à 15 t/ha de racines commercialisables, un revenu brut de 3750 ₱/ha est calculé. Un revenu additionnel provenant de la vente des tiges et des pousses séchées de patates douces pour l'alimentation des animaux pourra aussi apporter un revenu supplémentaire moyen de 1500 ₱/ha.

Une usine de transformation pilote d'une capacité de transformation de 5000 kg de racines fraîches en 1000 kg de farine de patate douce par jour sera installée par une nouvelle compagnie qui sera appelée The Food Resources Corporation. La nouvelle compagnie aura un capital de 550 000 ₱ et recevra une participation équitable des fermiers-producteurs, des banques rurales finançant les prêts de culture et de la compagnie mère, Field Agro-industries, de même que d'autres investisseurs extérieurs. La participation équitable sera fixée à 250 000 ₱, tandis que 300 000 ₱ seront empruntés à la banque à 16 % d'intérêt par an.

Le produit principal de l'usine de transformation, la farine de patate douce, sera vendue en sacs de 50 kg à 2,75 ₱/kg, livrés à Cebu. Le deuxième produit sera un ingrédient pour l'alimentation animale constitué de tiges de patates douces finement hachées mélangées à des racines de rebut et à des épluchures, ayant une valeur protidique d'environ 16 %. Il sera vendu pour approvisionner les meuniers et les éleveurs à 1,00 ₱/kg, livré à Cebu.

Des séchoirs à usages multiples utilisant des déchets agricoles comme combustible seront utilisés pour la préparation des patates douces fraîches sous forme de chips séchées préalablement à la mouture, réduisant ainsi les frais de séchage à un maximum de 0,05 ₱/kg de produit sec. Un agent anti-brunissant comme le bisulfite de sodium peut aussi être utilisé pour conserver la couleur fraîche de la patate douce. Le coût total de transformation est estimé à 0,72 ₱/kg de produit sec, avec un supplément de 0,42 ₱ pour les frais de gestion et de vente. On compte sur un taux de récupération de 20 % de farine sèche à partir des racines fraîches.

INFORMATION GENERALE

Le produit

Le produit qui sera offert par la nouvelle société est considéré comme nouveau pour l'industrie de consommation. C'est la première fois qu'une farine provenant de la patate douce sera commercialisée aux Philippines. L'industrie est dominée par la farine de blé. Le nouveau produit à l'avantage d'être beaucoup moins cher et plus sucré et de contenir plus de calories que la farine de blé. Il est aussi plus riche en vitamine A et en acide aminé lysine que la farine de blé. La valeur nutritive totale des produits boulangers est améliorée par l'utilisation d'un mélange de farines contenant à la fois de la farine de blé et de la farine de patate douce. D'une façon générale, la raison première pour le développement de la farine de patate douce est son potentiel comme substitut du blé, en gardant à l'esprit la hausse actuelle du prix du blé. La substitution d'une partie au moins de la farine de blé dans les produits boulangers (l'optimum a été fixé expérimentalement à 10 ou 20 % du mélange de farine de blé) est recommandée dans cette étude. Le mélange avec la farine de patate douce a été trouvé acceptable pour la production de produits boulangers comme le « pan de sal », les gâteaux à la margarine, les biscuits à la margarine, les gâteaux chauds et d'autres friandises locales.

La farine de patate douce réduira le coût de la farine utilisée pour le pain et permettra d'économiser des devises étrangères, sans compter la création d'industries locales basées sur l'agriculture. Le Tableau 1 donne le volume et la valeur des importations de farine de blé au cours des neuf dernières années. le tableau 2, par contre, présente la demande annuelle en farine du pays.

Tableau 1. Importations de blé aux Philippines 1970-78

Année	Volume (tonnes)	Valeur (US$)	Source
1970	508,492	31,003,862 FOB	USA
1971	600,597	38,353,040 FOB	USA
1972	747,285	48,950,282 FOB	USA & Canada
1973	522,269	51,768,871 FOB	USA & Canada
1974	470,695	78,800,000 C&F	USA & Canada
1975	449,829	88,458,615 C&F	USA & Canada
1976	618,173	85,188,202 C&F	USA & Canada
1977	753,914	99,807,302 FOB	USA
1978	803,793	129,526,672 FOB	USA

Source: National Grains Authority

Tableau 2. Besoins annuels en farine des Philippines

Année	Sacs de 25 kg	Valeur (P × 10^6)
1975	15,689,000	914.3
1976	18,822,000	1,129.3
1977	21,704,000	1,302.2
1978	25,222,000	1,513.3
1979	26,097,000	1,826.8
1980	26,490,000	2,039.7

Source: Philippines Association of Flour Millers

Le blé représente 90 % du coût de production et de vente de la farine. Il faut 33 kg de blé pour produire 25 kg de farine (rendement de 75,7 %). Le prix actuel (1981) du blé en grains est de 2 100 P/t et le prix de gros de la farine de blé est de 77 P par sac de 25 kg (3,08 P/kg). La farine de patate douce sera vendue légèrement meilleur marché que la farine de blé — 2,75 P/kg. Elle sera distribuée par la Philippine MultiFoods Corp, une société semi-gouvernementale s'occupant de programmes d'aide alimentaire, et sera promue pour sa valeur nutritionnelle plus élevée, particulièrement en vitamine A.

Le fermier bénéficie de la patate douce en tant que culture de rente

En ce qui concerne l'agriculteur, il peut obtenir un revenu brut de 4 750 P/ha en une saison culturale, en supposant un rendement de 15 000 kg de racines commercialisables et 2 000 kg de tiges séchées d'une valeur de 0,25 P et 0,50 P par kg, respectivement. Le coût maximum par hectare de production de la patate douce est de 3 000 P. Par conséquent un revenu net de 2 000 P/ha peut être réalisé en une saison de culture de quatre à cinq mois. Etant donné qu'il dispose d'un marché garanti pour le produit de sa ferme, de même qu'un financement pour la culture, la promotion de cette culture comme source nouvelle de revenu sera facilement acceptée. Les fermiers de cette zone pilote sont des planteurs traditionnels de patate douce, mais leurs plantations existaient à petite échelle à cause du marché limité qu'ils avaient pour écouler leur produit en frais.

L'usine pilote aura la capacité de transformer 5 000 kg de racines fraîches par jour et de fonctionner 250 jours par an. La superficie nécessaire à son alimentation sera d'environ 85 ha. La plantation de la culture de la patate douce sera faite de façon à assurer à l'usine de conditionnement un approvisionnement pendant environ dix mois de l'année. Un système de crédit supervisé sera pratiqué par les banques rurales finançant la culture pour s'assurer que les intrants appropriés sont apportés. Ceux-ci comprendraient la plantation de lignées à rendement élevé, l'utilisation correcte des engrais à celle des pesticides nécessaires pour combattre le charançon, l'insecte nuisible le plus important s'attaquant à cette culture. Les engrais recommandés consistent en quatre sacs de 14-14-14 NPK kg/ha et deux ou trois sacs de pesticide-nématicide Furadan qui a été testé et s'est montré efficace contre le charançon. Aucun résidu du pesticide n'est retrouvé dans les racines quand l'application est correctement faite, étant donné qu'il est complètement biodégradable. Un maximum de trois sacs de Furadan est recommandé par hectare pour lutter contre le charançon de la patate douce. Le coût des engrais et du pesticide est estimé à 850 P et à 950 P/ha, respectivement.

Les coûts estimés de la culture d'un hectare de patates douces, dans les conditions philippines sont donnés ci-dessous (Tableau 3).

Les applications d'engrais et de pesticide doivent être faites au moment propice afin d'en retirer le bénéfice maximum. La première application est faite au moment de la plantation ; la seconde deux mois après la plantation et la troisième trois mois après la plantation.
Le taux d'application est à diviser en trois parties égales, qui devraient équivaloir à 66,7 kg d'engrais complet mélangés avec 16,7 kg de Furadan 3G par application.

Les usages alimentaires des patates douces

La patate douce a été cultivée aux Philippines depuis le début du régime espagnol. Elle est cultivée pratiquement partout dans le pays, dans les champs et les jardins ou dans la brousse. C'est une plante robuste mûrissant en trois à six mois, et elle procure des revenus substantiels. Elle peut être cultivée avec succès dans presque tous les types de climats et de sols, n'exigeant que peu d'eau.

La valeur calorique de la patate douce est élevée. Par exemple, elle peut faire vivre deux fois plus de personnes que le riz et cinq fois plus que le maïs (Tableau 4). La valeur énergétique élevée de la patate douce devrait être exploitée pour solutionner le problème complexe de la pénurie de

Tableau 3. Coût de production par hectare de la patate douce

Poste	Coût (P/ha)
Préparation du sol	
Labour	450
1er hersage	250
2e hersage	200
Billonnage	200
Plantation	
Coût des boutures	150
Coût de la plantation	150
Engrais et pesticides	
Engrais complet (14-14-14), 4 sacs	400
Furadan, 3G, 3 sacs	475
Désherbage et récolte	
Deux désherbage et binage	300
Récolte	400
Coût total de production	2975

protéines. Ce qui manque aux régimes alimentaires, c'est un aliment énergétique adéquat, ce qui nécessite l'absorption de protéines (Payne 1975).

Villareal (1970) mentionnait que la patate douce est une bonne source à la fois de calories et de protéine. Elle est, également, riche en sels minéraux et en vitamines (Tableau 4). Un hectare de patates douces peut couvrir les besoins en calcium de 50 fois plus de gens qu'un hectare de riz. Il peut fournir le fer nécessaire à 12 fois plus de gens, la thiamine à huit fois plus et la riboflavine à 11 fois plus de gens. Bien que l'enrichissement en protéine soit le principal objectif concerné par l'amélioration du régime alimentaire, il est souhaitable que les vitamines puissent le compléter. Les variétés de patates douces à chair jaune ou orange contiennent une quantité considérable de vitamine A.

Tableau 4. Nombre de personnes qu'un hectare de culture peut faire vivre par jour en termes de différents éléments nutritifs

Cultures	Calories	Calcium	Fer	Vitamine A	Thiamine	Riboflavine	Vitamine C
Riz	61.3	2.2	33.38	0	18.5	9.3	0
Maïs	27.4	1.0	9.7	25.3	42.1	24.2	480.0
Patate douce	138.3	138.0	405.0	991.8	140.8	106.7	1 370.0
Racines	122.4	85.0	105.0	324.0	100.0	40.0	1 050.0
Feuilles	15.9	53.0	300.0	667.8	40.0	66.7	320.0
Taro	55.4	86.4	178.3	770.8	120.0	61.5	660.0
Bulbe	45.8	28.8	71.7	0	107.9	24.0	180.0
Feuilles	6.3	40.9	65.8	747.4	10.2	33.6	433.3
Pétoie	3.3	16.7	40.8	23.4	1.9	3.9	46.7
Chou	41.6	178.0	194.2	50.0	92.8	74.0	3 441.0
Mungo	29.5	17.0	78.8	4.3	60.9	20.3	27.7
Gousse	42.0	159.6	150.0	347.7	158.7	168.0	1 008.3
Pois sec	63.6	18.0	193.4	0.7	129.0	61.5	0
Soja (sec)	33.6	41.0	168.8	0	40.6	16.7	trace
Soja (vert)	36.0	87.0	194.0	6	1 257.0	614.0	251.0
Mangue	1.2	0.24	501.5	18.4	1.8	1.0	279.0
Tomate	16.6	26.0	116.7	257.2	58.3	38.9	845.8
Banane	2.6	110.5	2.3	1.1	0.9	2.1	237.0

Source: Villareal 1970

Villaréal (1977) soulignait également cinq raisons en faveur de l'utilisation de la patate douce dans le régime alimentaire d'aujourd'hui :

(1) Elle possède un potentiel productif énorme, bien que sa culture ait été négligée aux Philippines. Même une recherche limitée pourrait augmenter son rendement. De combien pourrait-il être augmenté, si un programme soutenu était réalisé pour résoudre beaucoup de ses problèmes de production ? En 1977, Villareal notait aussi que les rendements variaient d'environ 15 t/ha à Taïwan à 28 t aux Iles Ryuku.

(2) Elle possède un rendement nutritif élevé par hectare et par jour. A nouveau, le Tableau 4 montre la comparaison entre la patate douce et d'autres plantes comme sources de différents éléments nutritifs (protéine, sels minéraux et vitamines) aux Philippines. La comparaison est basée sur le nombre de personnes qu'un hectare d'une culture donnée peut faire vivre en termes de besoins journaliers en différents éléments nutritifs. D'après ce tableau, on peut voir que la patate douce peut faire vivre plus de personnes pour ce qui est de leurs besoins en différents éléments nutritifs, que le riz ou le maïs, ces deux derniers constituant le gros du régime alimentaire du Philippin.

Les légumes et les légumineuses des champs peuvent subvenir aux besoins protidiques du plus grand nombre de personnes. Bien que n'ayant pas la richesse en protéine de ces légumes, les tiges et racines combinées de patate douce peuvent couvrir les besoins protidiques de 24 fois plus de personnes que le riz et de 45 fois plus de personnes que le maïs, par unité de surface.

(3) Elle est fiable; la fiabilité de la patate douce est due essentiellement à sa tolérance à la sécheresse et à sa capacité de résister aux conditions de typhon.

(4) Elle est appréciée des consommateurs grâce à son goût appétissant.

(5) Elle est peu coûteuse.

Dans le récent Programme Philippin d'Alimentation et de Nutrition sur les Aliments Indigènes, la patate douce était parmi les cultures choisies afin d'augmenter la disponibilité du blé et pour servir de base à des aliments de sevrage et de complémentarité (Barba 1976; Madamba *et al.* 1977). C'était dans ce contexte que ces chercheurs ont étudié le potentiel de la farine de patate douce comme substitut de la farine de blé et comme base de produits snack/dessert. Ils ont mentionné que la farine de patate douce pouvait être utilisée comme complément du blé dans la fabrication du « pan de sal ». La substitution de 10-20 % de farine de huit variétés différentes de patate douce à la farine de blé rendait le « pan de sal » acceptable pour les experts présidant aux essais de laboratoire.

Les modes de consommation aux Philippines montrent que le « pan de sal » est le produit à base de blé le plus apprécié (Engel 1973). Il est utilisé largement non seulement comme collation rapide mais aussi pour le petit déjeuner. Avec l'introduction du matériel pour la production de « pan de sal », les gens ont pu ouvrir de petits commerces pour la vente de pain tout au long de la journée. Le « pan de sal » chaud, quand il est fabriqué avec de la farine composite, peut améliorer la consommation calorique-protidique des enfants. Il est aussi à la portée de beaucoup de monde parce qu'il est facile à préparer, apprécié et toujours disponible.

Les avantages économiques et nutritionnels du produit

La sous-alimentation constitue l'un des problèmes socio-économiques les plus répandues en Asie et est une des causes principales de la mortalité infantile aux Philippines.

La série d'enquêtes réalisée dans dix régions des Philippines de 1958-1967 par le Centre de Recherche sur la Nutrition et l'Alimentation, à Manille, montrait que le régime alimentaire de Philippin était inadéquat à la fois en quantité et en qualité, comparé au standard nutritionnel donné par le FNRC (Quiogue *et al.* 1969). Les résultats de l'enquête du FNRC (Food and Nutrition Research Center) montraient qu'au cours des trois premiers mois d'existence, la courbe de croissance du nourrisson philippin moyen est comparable à celle du nourrisson américain moyen; après cet âge, cependant, le nourrisson philippin commence à se laisser distancer (Bayan *et al.* 1972). On a aussi découvert que les enfants philippins qui commencent à marcher et les enfants d'âge pré-scolaire, particulièrement ceux des régions rurales, étaient le plus dangeureusement atteints. Ceci fut remarqué par l'enquête sur le poids corporel dans la province de Laguna où seulement 12,6 % des enfants, âgés de 6-7 mois, présentaient un poids normal, les autres souffrant de sous-alimentation à des degrés divers (Matawaran et Gervasio 1971). La même étude montrait de plus que le poids corporel des enfants des villes était supérieur à celui des enfants des barrios.

Un regard critique sur le problème de la sous-alimentation aux Philippines tend à montrer que la déficience calorique-protidique qui affecte essentiellement les enfants d'âge pré-scolaires constitue un problème majeur de santé publique.

Le kwashiorkor asthénique était très répandu, surtout parmi les enfants des quartiers pauvres urbains et des secteurs agricoles ruraux. Les taux de croissance retardée et de mortalité excessi-

vement élevée sont les effets les plus frappants des déficiences en calorie-protéine (Scrimshaw 1977). Les formes graves de kwashiorkor asthénique non seulement rendent les enfants sensibles aux infections, mais peuvent aussi avoir pour conséquence un dépérissement physique et un délabrement cérébral permanent. Etant donné les conséquences à long terme des déficiences caloriques-protidiques chez les survivants, le niveau calorique-protidique recommandé pour les groupes d'enfants de différents âges devrait être atteint de façon à minimiser l'incidence du kwashiorkor asthénique, même si on ne peut l'éliminer complètement.

Etant donné la gravité du problème, les enfants sous-alimentés sont la cible d'un programme nutritionnel à l'échelle nationale. Les experts nutritionnistes du pays estiment que la malnutrition est un problème comportant de nombreuses facettes, de grande envergure, auquel il est difficile de porter remède. Il ne peut y avoir une seule réponse aux problèmes complexes relatifs à la nutrition, parce qu'ils sont étroitement liés à des facteurs tels que l'approvisionnement limité en protéine de bonne qualité, le coût élevé des autres aliments, la prédominance des parasites et des maladies infectieuses, et le manque de connaissances appropriées des mères en ce qui concerne les besoins alimentaires de leurs enfants. Deux autres problèmes proviennent du manque de prise de conscience de la population au sujet des bonnes catégories d'aliments, et de la non-utilisation des ressources alimentaires locales disponibles.

Pour que la valeur nutritionnelle de tout aliment puisse être valorisée, il importe qu'il soit mis à la portée des individus qui en ont besoin à un prix qu'ils peuvent se permettre. Un des grands défis posés aux chercheurs aujourd'hui est la création d'aliments peu coûteux qui sont supérieurs nutritionnellement et en même temps appréciés des consommateurs.

Etant donné que les enfants philippins, d'une façon générale, n'apprécient pas les légumes et les autres plantes sources de calories et de protéines, il importe d'étudier les différents moyens d'accroître leur consommation actuelle en les présentant sous d'autres formes.

Plusieurs approches ont été tentées pour [illegible]ure ce problème, et une stratégie consiste à remplacer, du moins en partie, la farine [illegible] importée utilisée en boulangerie par d'autres farines comme celle fabriquée à partir de la pa[illegible] douce.

La popularité grandissante des produits à base de blé, particulièrement le pain - continue à se faire sentir dans beaucoup de parties du monde, où le pain ne faisait pas précédemment partie du régime de chaque jour.

Etant donné que les principaux fournisseurs de blé sont situés dans seulement quelques pays, particulièrement aux E.U., au Canada, en Argentine et en Nouvelle-Zélande, la demande accrue de blé et de pain peut avoir un effet préjudiciable sur l'économie de pays en développement comme les Philippines.

L'analyse des patates douces jaunes séchées citée dans le Tableau de Composition des Aliments des Philippines est de 47 000 U.I. de vitamine A pour 100 grammes.
En supposant que 10 % du poids de la farine de froment soit remplacés par de la farine de camote jaune pour la fabrication de « pan de sal », qui est le type de pain le plus répandu et le plus consommé aux Philippines, un morceaux de « pan de sal » enrichi de camote jaune pesant 20 g contiendra 587 UI de vitamine A. Cette valeur correspond approximativement à 25 % de la RDA de vitamine A pour les enfants philippins d'âge pré-scolaire.

Puisque la carence en vitamine A est un problème nutritionnel majeur, particulièrement pour les enfants d'âge pré-scolaire, l'incorporation de camote jaune dans leur régime alimentaire pourrait diminuer cette carence.

Le procédé de production

Sept étapes de base sont concernées dans la transformation des racines de patate douce fraîches en farine, à partir du déchargement des matières premières à l'usine de production jusqu'à l'ensachage du produit final pour l'entreposage ou la livraison.
Le processus est décrit à la Figure 1.

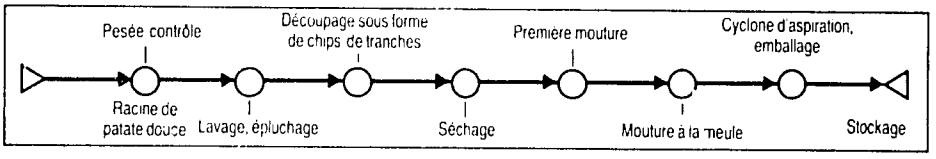


Figure 1. Transformation des racines de patates douces en farine.

Les racines fraîches du champ sont livrées à l'usine et pesées sur une bascule. Des reçus sont délivrés pour les racines acceptées et le paiement du fermier est fait à l'appui de ces reçus. Le seul travailleur requis est un poseur pointeur.

Les racines pesées sont alors chargées dans un éplucheur rotatif à grille de friction qui tourne à 30 TPM, et soumises à une pulvérisation d'eau à raison de 120 litres/min. Cette machine mesure environ 3,7 m de long et 0,9 m de diamètre et est entraînée par un moteur électrique de 1,5 CV. Elle lave et pèle à raison de 650 kg de racines fraîches à l'heure. Elle demande deux ouvriers, mais l'un deux est le peseur pointeur cité plus haut.

Les racines nettoyées, dont la fine peau a été raclée et enlevée par le frottement contre la grille rotative, sont ensuite triées pour la qualité et envoyées à une machine qui les transforme en tranches ou en chips. Les racines de rebut et les déchets sont enlevés pour être utilisés pour l'alimentation des animaux. Cette machine à chips est dotée d'une conduite ajustable et fonctionne à 1000 TPM avec un moteur de 5 CV. Elle réduit les racines en fins chips ou flocons de 8 mm environ d'épaisseur pour permettre un séchage plus rapide. Un ouvrier est nécessaire.

Un séchoir du type à tapis roulant continu est utilisé ensuite, qui consiste en quatre couches de tapis roulants d'environ 20 m de long et 1 ½ m de large, les bandes étant distantes de 25 cm. Chaque bande tamis est montée sur un enrouleur qui se meut dans le sens opposé à celui du ruban d'en dessous. Le tapis inférieur dépasse l'extrémité du tapis supérieur, ce qui lui permet de récupérer les flocons qui tombent du tapis supérieur et de continuer à les transporter dans le séchoir. Le dernier tapis amène les flocons séchés à un récepteur sur le plancher du séchoir. L'échangeur de chaleur de ce séchoir est alimenté par des déchets de culture, dans ce cas particulier par des bourres de noix de coco qui sont abondantes et peu coûteuses. Le coût des bourres de noix de coco est de 0,05 P la paire (deux moitiés) et elles sont brûlées dans ce séchoir à raison de 50 paires à l'heure, à l'intérieur duquel la température varie entre 60 °C et 80 °C. Des ventilateurs soufflants sont aussi prévus pour produire un tirage forcé à l'intérieur du séchoir. Le taux de séchage est d'environ de 420 kg de flocons secs par heure, ce qui réduit l'humidité de 70 % à 12 %. Le coût direct de combustible pour l'échangeur de chaleur est estimé à 0,03 P/kg de produit séché. La puissance requise pour actionner les enrouleurs des tamis à ruban continus et les souffleurs de l'échangeur de chaleur est fixée à 5 CV. Deux ouvriers sont nécessaires.

Les flocons séchés sont transportés de façon continue vers un petit moulin à marteau qui diminue encore plus les dimensions des flocons en présence d'air chauffé pour les préparer à la mouture finale dans un moulin à « attrition ». Ce premier moulin est actionné par un moteur de 5 CV

à une vitesse de 2000 TPM. Il est directement relié par une glissière à air chauffé à un moulin Jiju pour subir le processus final de mouture par attrition.

Le moulin à attrition est conçu pour respecter les qualités standard d'aliment et utilise de l'acier inoxydable pour pulvériser les chips séchés plus fins et en faire une farine d'une finesse de 300. Le moulin a une capacité de transformation allant jusqu'à 150 kg de produit moulu par heure et est actionné par un moteur de 7,5 CV tournant à 2000 TPM. Il faut deux ouvriers pour faire fonctionner le moulin.

Le processus final précédant le stockage ou la livraison se fait grâce à un souffleur à succion avec un moteur d'un CV pour séparer l'air de la farine et d'alimenter la farine en air chauffé dans une machine à ensacher de type cyclone. Ce procédé permet de réduire encore la teneur en humidité de la farine jusqu'à environ 5 %. C'est une petite unité conçue pour fournir un rendement de 20 sacs de 50 kg chacun toutes les huit heures. Elle exige deux hommes.

Machines et équipement

Les articles d'équipement et leur coût estimé sont donnés au Tableau 5.

Tableau 5. Machines et équipement pour la fabrication de farine de patate douce

Machines	Coût (₱)
Bascule, capacité 500 kg	12.000
Laveur éplucheur	12.500
Pompe à eau avec moteur 5 CV	12.500
Trancheuse à chips	10.000
Séchoir avec souffleurs	25.000
Broyeur primaire à attrition	25.000
Souffleur à succion et ensacheur cyclone	5.000
	102.000
10 % frais divers	10.200
	112.200
Groupe électrogène	115.000
Sous-total	227.200
Mobilier, aménagements et équipement de bureau	20.000

Besoins en main d'œuvre

Un total de neuf travailleurs directs, un surveillant et un mécanicien d'entretien sera nécessaire.

Taille de l'usine

L'usine sera capable de transformer 5 000 kg de racines fraîches de patate douce en 1000 kg de farine de patate douce par jour pour 250 jours ouvrables par an. Cela signifie une production totale de 250 000 kg de farine de patate douce pour un an. De plus, elle pourrait aussi préparer 166 000 kg de tiges de patate douce séchées comme composant pour mélanges alimentaires pour animaux.

Aspect financier

Coût du projet

Le coût total estimé du projet est de 550 000 ₱, résumé comme suit :

Frais fixes	
Terrain et constructions	150.000 ₱
Machines et équipement	227.200
Mobilier et aménagements	20.000
Total frais fixes	397.200 ₱
Capital d'exploitation	
Matières premières (6 jours)	9.890
Comptes recevables (1 mois)	53.000
Balance minimum comptant	20.000
Total capital d'exploitation	92.890 ₱
Dépenses pré-opérations	60.000
Coût total du projet	550.090 ₱
ou	550.000 ₱

Bilans financiers projetés

Le bilan financier envisagé est le suivant :

Ventes : farine de patate douce, 25 000 kg	687.500 ₱
sous-produit, 166 000 kg	166.000
	853.500 ₱
moins ventes au rabais (sous produits, 3 %)	4.980
Ventes totales	848.520 ₱
Moins : coût des produits manufactures et vendus	
farine de patate douce	490.690 ₱
sous-produit	124.500
Coût total des ventes	615.190 ₱
Bénéfice brut	233.330 ₱
Moins : dépenses de fonctionnement (y compris salaires, transport, approvisionnements, dépréciation, taxes, etc.)	113.525 ₱
Bénéfice net avant intérêt	119.805 ₱
Moins : coût de l'intérêt	48.000
Bénéfice net avant impôt sur le revenu	71.805 ₱
Evaluation financière	
Rapport bénéfice sur ventes	8,46 %
Période de remboursement (recouvrement de capital)	3.482 années
Rendement de l'investissement (ROI)	
Investissements totaux (avoirs)	13,6 %
Valeur	28,72 %

Seuil de rentabilité

Les ventes au seuil rentable représentent 684 366, ce qui est équivaut à environ 81 % de la capacité totale.

BIBLIOGRAPHIE

BARBA, C. V. C. 1976. Developing economical sources of nutrients from indigenous food materials. *In* Conference on Improving Asian Diets — The Role of Vegetables and Legumes. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

BAYAN, A. A., J. A. MAGBITANG, D. NAGTALON and F. VELANDRIA. 1972. An evaluation of MCM as a high protein food. Phil. J. Nutr. 25 : 191.

ENGEL, R. W. 1973. The major calorie and protein sources in the Philippines Workshop on Indigenous Foods. NSDB Pavillion, Manila, Philippines. Resource Paper (Mimeo)

MADAMBA, L. S. P., C. VC. BARBA, M. BURGOS and T. B. DOMINGO. 1977. Formulation, development and evaluation of sweet potato products. NSDB Tech. J. 2 : 60.

MATAWARAN, A. J. and C. C. GERVASIO. 1971. Average heights and weights of Filipinos. Phil. J. Nutr. 24 : 74.

PAYNE, P. R. 1975. Safe protein — calorie ratios in diets : The relative importance of protein and energy intake as causal factors in malnutrition. Amer. J. Clin. Nutr. 28 : 281.

QUIOGUE, E. S., G. M. VILLAVIEJA and V. RAMOS. 1969. Summary results of the eight regional nutrition surveys conducted in the Philippines by the Food and Nutrition Research Center, NIST, NSDB : Part I — Dietary Phase Phil. J. Nutr. 22 : 62.

SCRIMSHAW, N. S. 1977. World food and nutrition problems up-dated. Phil. J. Nutr. 30 : 72.

VILLAREAL, R. L. 1970. The vegetable industry s answer to the protein gap among low-salaried earners. Sugar News (Manila) 46 : 482-488.

VILLAREAL, R. L. 1977. Sweet potato : its present and potential role in the food production of developing countries. South Pacific Commission Tech. Paper 174 : 170-182.

LA CONSERVATION, LA COMMERCIALISATION ET L'UTILISATION DES PATATES DOUCES EN COREE

E. H. HONG
Division (I) de Recherche sur les Cultures de Plateau, Station Expérimentale Agricole, Office de Développement Rural, Suweon 170, Corée.

INTRODUCTION

La patate douce est, au plan quantitatif, la troisième culture de plateau d'été en Corée, après le riz et l'orge. Elle est principalement utilisée pour l'alimentation, comme matière première industrielle et comme produit d'alimentation animale. Mais, au cours des dernières années, la superficie sous culture et la production ont accusé une nette tendance à la baisse. On pense que cet état de fait est dû à trois facteurs majeurs: les fermes sont dépourvues d'installations de conservation capables de traiter de grosses quantités de patates douces pendant une longue période après la récolte d'automne; les agriculteurs ne disposent par ailleurs ni d'installations, ni de main-d'œuvre pour les opérations de séchage; enfin, la patate douce elle-même procure un revenu généralement bas comparé à bon nombre d'autres plantes de plateau et d'été concurrentes.

Comme le Tableau 1 le montre, la superficie plantée en patates douces en Corée a diminué chaque année, passant de 127 000 ha en 1970 à 61 000 ha en 1979. La quantité produite est également tombée de 2 136 000 tonnes en 1970 à 1 387 000 tonnes en 1979. Mais le rendement par unité de surface est relativement élevé comparé à beaucoup d'autres pays producteurs de patates douces. En 1979, il était de 22,7 t/ha, et supérieur de 35 % à celui de 1970.

Tableau 1. La superficie plantée en patate douce et quantité produite chaque année en Corée depuis 1970

Année	Surface plantée (1 000 ha)	Rendement (t/ha)	Volume de production (1 000 t)	Indice (%)		
				Surface plantée	Rendement	Volume de production
1970	127	16.8	2,136	100	100	100
1974	80	18.1	1,450	63	107	68
1975	95	20.7	1,953	75	123	91
1976	87	20.4	1,783	69	121	83
1977	77	20.2	1,560	61	120	73
1978	74	22.1	1,627	58	131	76
1979	61	22.7	1,387	48	134	65

Source: Statistiques du Ministère Coréen de l'Agriculture et de la Pêche, 1980

Parce que les patates douces poussent bien sous les températures relativement élevées et qu'elles sont la plupart du temps cultivées après l'orge en Corée, la principale zone de production de patates douces se situe dans la partie sud du pays et en particulier dans la province de Jeonla Nam-do. Beaucoup de patates douces sont également cultivées dans les îles au large de la côte sud du pays, où les cultures céréalières ne peuvent pas être facilement pratiquées à cause des forts vents marins.

Cette communication traitera des aspects généraux de la conservation, de la commercialisation et de l'utilisation des patates douces en Corée.

CONSERVATION

En Corée, les patates douces sont stockées pendant six à sept mois après la récolte, de la fin de l'automne au début du printemps, sous une température relativement basse. Les températures moyennes mensuelles au cours de cette saison varient largement entre les régions méridionales et centrales de la Corée. L'amplitude de variation des températures moyennes mensuelles dans les régions centrales pendant le stockage des patates douces va de −5,2° C à 12° C, alors que celle des régions méridionales va de −0,5° C à 15° C, soit une augmentation de 1,1° C à 4,9° C par rapport aux régions centrales.

La récolte des patates douces en Corée s'étend de fin septembre à début octobre dans les régions centrales, et le début à mi-octobre dans les régions du sud. Les racines sont extirpées à l'aide d'un rateau fourchu ou d'une houe à désherber après avoir enlevé toutes les tiges. D'énormes précautions sont prises pour ne pas endommager la peau des racines.

Après la récolte, les racines sont tout d'abord mises à l'ombre pendant 10-15 jours pour permettre la respiration et l'évaporation de l'humidité.

Le stockage des patates douces peut être entrepris à des températures comprises entre 10-17 °C, mais la meilleure gamme de température est 12-15 °C. L'humidité relative optimum varie entre 85 et 90 % (Cho 1978).

Les lieux de stockage, les caisses de stockage et le matériel y afférant doivent être désinfectés avant leur utilisation. Des produits chimiques tels que le sulfate de cuivre, la formaline, la chloropicrine, le bromure de méthylène, et le soufre sont communément utilisés pour la désinfection. L'entrepôt est habituellement pulvérisé avec du sulfate de cuivre 400 X avant l'entreposage, tandis que les caisses de stockage sont simplement lavées et séchées. Au cours du stockage, faire brûler du soufre à raison de 1,5-2 kg pour 300 m³ d'espace d'emmagasinement s'avère très efficace contre les maladies fongiques telles que la pourriture molle Rhizopus stolonifer (Chung 1976).

Les lieux de stockage des patates douces en Corée sont conçus pour maintenir les températures au-dessus de certains seuils pendant la période de stockage. La structure de l'entrepôt varie selon les conditions pédologiques, la quantité à stocker, et le climat de la région. A cause des fortes amplitudes de températures moyennes mensuelles entre les régions centrales et méridionales de Corée au cours des périodes de stockage, chaque région applique une méthode de stockage différente. Dans la plupart des entrepôts, les températures sont contrôlées non pas par des systèmes de chauffage artificiel mais par les températures naturelles du sol. La profondeur d'un entrepôt souterrain est choisie de telle sorte que la température du sol soit aussi proche que possible de la température optimum (12-15 °C pour la conservation de la patate douce.

Plusieurs méthodes de stockage des patates douces en hiver sont pratiquées en Corée (Tikasi 1942). Trois d'entre elles sont présentées ci-après.

Stockage interne entièrement souterrain

Cette méthode est très répandue dans la région centrale de la Corée. Comme le montre la Figure 1, un bâtiment est construit comme protection contre les vents froids, avec une fosse souterraine

d'un volume de 12,6 m³ et d'une contenance d'environ 7,5 tonnes de patates douces. Les essais de cette méthode (Tableau 2) ont montré que l'amplitude thermique dans la fosse était de 6,3 °C-9,0 °C à l'état vide, mais de 10,8 °C-14,0 °C une fois remplie de racines, et que l'aptitude à la conservation était de 96 %. On appelle à la conservation le nombre de racines qui restent en bon état à la fin du stockage, divisé par le nombre total de racines stockées multiplié par 100. La germination des racines stockées dans ces conditions était de 27 %. Les avantages de cette méthode sont que des constructions existantes peuvent être utilisées comme abri, et que la température à l'intérieur de la fosse est relativement stable. Le désavantage majeur, cependant, est que le contrôle de la relation entre les quantités stockées et la chaleur dégagée par les racines est trop difficile.

Tableau 2. Résultats d'une expérience comparative entre quatre méthodes populaires de stockage des patates douces en Corée

		Températures de stockage (°C)							
		Plein de racines				Vide de racines			
		IES[Z]	Ondol	ISS[Y]	Tunnel	IES	Ondol	ISS	Tunnel
Nov	5	18.3	17.0	13.5	18.0	–	19.5	8.0	17.4
	15	12.0	15.0	17.0	17.6	6.8	16.0	–	16.2
	25	10.6	11.2	17.5	16.5	6.6	12.4	12.6	15.9
Déc	5	14.0	12.5	17.6	16.0	6.5	13.0	8.0	14.8
	15	14.0	12.0	18.6	16.0	6.5	13.0	8.3	13.5
	25	14.0	11.0	18.3	15.5	6.3	14.0	5.0	13.0
Jan	5	14.0	11.0	17.6	15.0	6.5	14.0	6.6	13.2
	15	14.0	10.0	18.1	14.0	6.5	13.0	3.9	12.2
	25	14.0	11.0	17.9	12.0	6.5	12.0	4.1	10.5
Fév	5	13.0	12.0	16.9	12.0	6.7	9.0	3.4	10.5
	15	14.0	13.0	15.4	13.0	6.9	11.0	2.7	10.5
	25	14.0	12.0	15.9	13.0	7.0	8.0	2.8	10.5
Mars	5	13.0	12.0	14.6	13.0	9.0	10.0	1.6	11.0
	15	12.0	13.0	15.0	13.5	9.0	9.0	5.1	14.2
Moyenne		13.7	12.3	16.4	14.7	6.9	12.4	5.4	13.1

[Z] IES : intérieur entièrement souterrain
[Y] ISS : intérieur semi-souterrain

Stockage « Ondol »

« Ondol » est le nom donné à un type de plancher traditionnel des maisons coréennes, chauffé par en-dessous. Les patates douces peuvent être stockées dans des pièces chauffées de cette façon, et cette méthode est également très répandue dans la partie centrale de la Corée (Figure 2). Environ 1,2 tonne de patates douces peuvent être stockées dans une pièce de taille moyenne et un essai de cette méthode de stockage (Tableau 2) a donné 99 % d'aptitude à la conservation. Cette méthode est adaptée aux petites quantités de patates douces. Il est facile de régler la température de la pièce en agissant sur le chauffage du plancher, mais il est par contre difficile de contrôler l'humidité, et cette technique risque de dessécher les racines.

Stockage intérieur semi-souterrain

Cette méthode est utilisée dans le sud de la Corée. Comme la Figure 3 le montre, une construction est érigée au-dessus d'une fosse dont les parois dépassent le niveau du sol, et qui a une contenance de 57,4 m³ et peut contenir 19-37 tonnes de patates douces. Comme le Tableau 4 l'indique, l'amplitude de température dans la fosse était de 1,6-12,6 °C à l'état vide et de 13,5-18,6 °C une fois remplie de racines. L'aptitude à la conservation était de 100 % et l'émission de

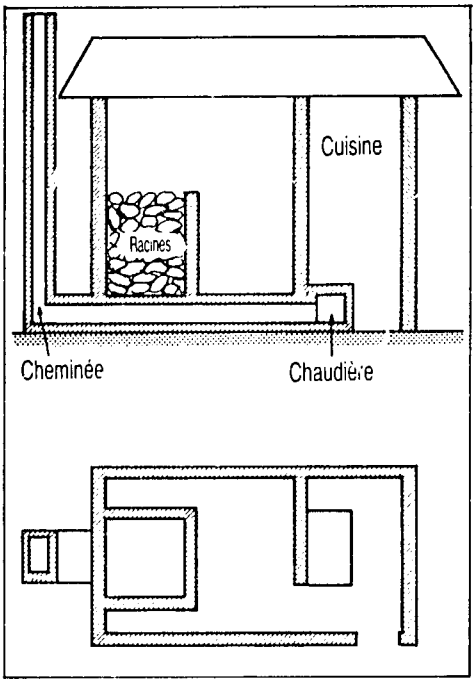


Figure 1. Stockage intérieur souterrain des patates douces en Corée.

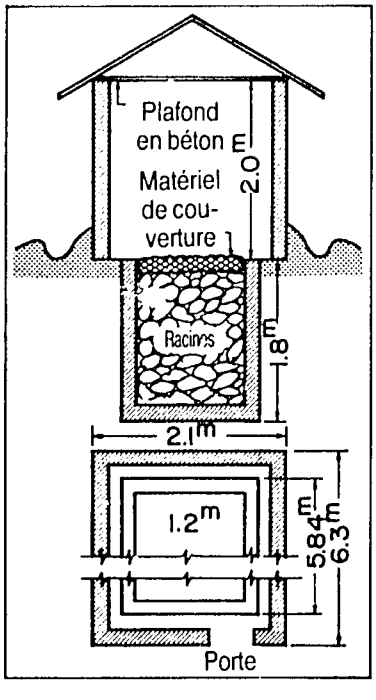


Figure 2. Stockage « Ondol » des patates douces en Corée.

germes des racines stockées était de 15 %. La dimension de la fosse de stockage peut être facilement ajustée, mais la température varie beaucoup en fonction des températures extérieures.

Stockage en tunnel

Cette méthode est aussi très utilisée dans le sud de la Corée. Comme on peut le voir à la Figure 4, le volume usuel du tunnel est d'environ 27,6 m³ et il peut stocker environ 7 tonnes de patates douces. Un essai de stockage avec cette méthode (Tableau 2) a montré que la température dans le trou au cours de la période de stockage était de 12,0-18,0 °C, que l'aptitude à la conservation était de 98 % et que la germination des germes des racines stockées était relativement élevée, (41 %). La température à l'intérieur du tunnel était relativement stable, et le tunnel lui-même pouvait être utilisé de façon quasi permanente. Mais évidemment, cette méthode n'est possible que si le terrain s'y prête.

En Corée, les quatre méthodes décrites ci-dessus sont le plus communément utilisées pour conserver les patates douces en hiver.

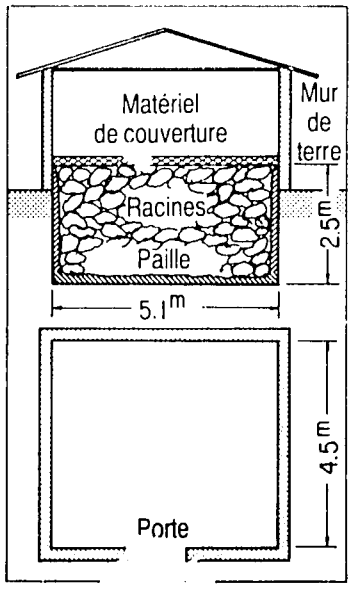


Figure 3. Stockage intérieur semi-souterrain des patates douces en Corée.

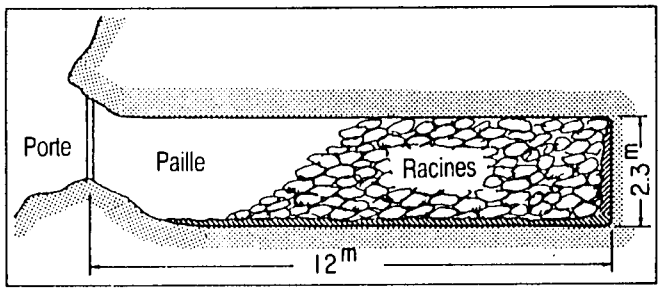


Figure 4. Méthode de stockage en tunnel des patates douces en Corée.

LA COMMERCIALISATION DES PATATES DOUCES EN COREE

La commercialisation des patates douces en Corée commence en août, époque de la récolte précoce, et va jusqu'en juin de l'année suivante. Les patates douces sont vendues principalement à deux fins : pour l'alimentation et pour l'industrie. Comme l'indique le Tableau 3, les pourcentages de patates douces utilisées pour l'alimentation, pour l'industrie et pour les semences, au cours des cinq dernières années, représentaient respectivement 50 %, 38 % et 3 % de la production totale.

Tableau 3. Demande en patates douces pour différentes utilisations en Corée

Année	Industrie		Aliments		Semences		Total (1 000 t)
	Quantité	% du total	Quantité	% du total	Quantité	% du total	
1976	604	34	1,121	63	58	3	1,783
1977	619	39	886	57	55	4	1 560
1978	598	37	974	60	55	3	1,627
1979	543	39	798	58	46	3	1,387
1980	560	42	761	55	46	3	1,387
Moyenne	589	38	908	59	52	3	1,549

Source : Statistiques du Ministère Coréen de l'Agriculture et de la Pêche, 1980

Dans le cas des patates douces cultivées à des fins industrielles, la récolte entière est évidemment vendue à l'usine. Quand la plante est exclusivement cultivée pour l'alimentation, c'est la quantité qui reste après l'autoconsommation à la ferme qui arrive sur le marché. Le pourcentage des patates douces cultivées pour l'industrie est passé de 29 % en 1970 à 64,9 % en 1975, tandis que les quantités consommées par les familles citadines diminuaient. Comme le montre la Figure 5, le circuit de commercialisation des patates douces cultivées pour l'alimentation est : producteur → ramasseur local → commission de négociants en gros → détaillants → consommateur. Toutefois, il existe trois types de circuit pour les patates douces destinées à l'industrie :

1) producteur → coopérative agricole → usine manufacturière ;

2) producteur → usine manufacturière ;

3) producteur → ramasseur local → usine manufacturière.

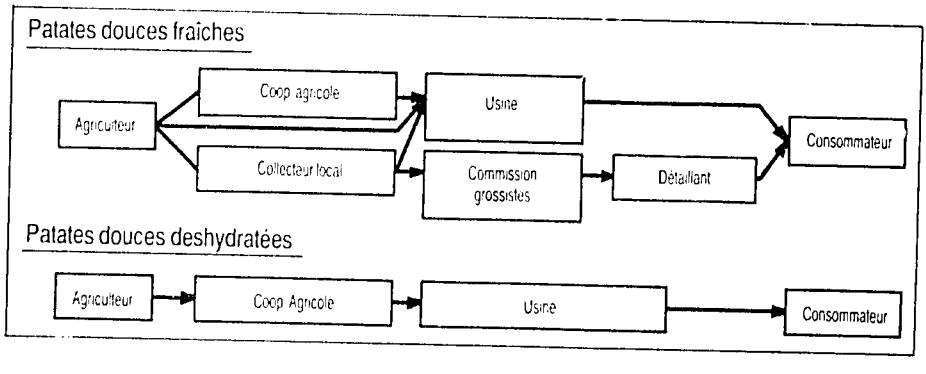


Figure 5. Circuits de commercialisation des patates douces fraîches de déshydratées en Corée (NACF 1979)

Toutes les patates déshydratées suivent le premier circuit. La quantité de patates douces acquises par les coopératives agricoles en 1970 était seulement de 313 000 tonnes, soit 14,7 % de la production totale, mais en 1978, elle atteignait 495 000 tonnes, soit 30 % de la production totale (Tableau 4). La quantité achetée par les coopératives agricoles a fortement augmenté depuis 1976. Cette année là, pour la première fois, la quantité de patates douces déshydratées achetées par les coopératives agricoles était supérieure à la quantité de racines fraîches. Cela s'explique par le fait que les producteurs peuvent retirer un meilleur profit en vendant leurs patates douces sous forme déshydratée, car les usines peuvent stocker les patates douces déshydratées plus efficacement que les racines fraîches. Les patates douces deshydratées peuvent aussi être manipulées plus aisément en vrac que les patates fraîches. Le prix d'achat pratiqué par les coopératives agricoles (Tableau 5) a entre 1970 et 1978, augmenté de 453 % et de 556 % respectivement pour les patates douces fraîches et déshydratées. En 1978, le prix d'achat de la tonne de patates douces fraîches et déshydratées était respectivement de 52,5 $ US et de 277 $ US.

Tableau 4. Quantités de patates douces achetées par les coopératives agricoles, en Corée, de 1970-1978 (NACF 1979)

Année	Production (A) (1 000 t)	Volume acheté par les coopératives agricoles			A/B (%)
		Fraîche (1 000 t)	Déshydratée[z] (1 000 t)	Total (B) (1 000 t)	
1970	2.136	167.7	145.3	313.0	14.7
1974	1.450	131.9	144.1	276.0	19.0
1975	1.953	224.2	95.9	320.1	16.4
1976	1.783	217.4	313.8	531.2	29.8
1977	1.560	130.0	435.5	565.5	36.3
1978	1.627	64.4	431.0	495.4	30.4

[z] Les quantités de patates douces déshydratées ont été converties et exprimées en poids de matière fraîche

Tableau 5. Prix d'achat payé par les coopératives agricoles pour les patates douces en Corée entre 1970 et 1978 (NACF 1979)

Année	Fraîches (1re qualité)		Déshydratées (1re qualité)	
	Prix $ US/t	Indice (%)	Prix $ US/t	Indice (%)
1970	11.6	100	49.8	100
1974	27.7	239	127.4	256
1975	36.3	313	175.4	352
1976	42.6	367	205.9	413
1977	49.8	429	240.8	484
1978	52.5	453	277.0	556

UTILISATION

Dans les ménages, les patates douces sont généralement bouillies, mais des quantités considérables sont également frites ou cuites au four. Elles peuvent aussi servir à confectionner, avec un minimum de préparation, des aliments délicieux et nourrissants tels que gâteaux chauds, gruau, nouilles, confiseries, ou elles peuvent être frites et sucrées. Dans tous les cas, il s'agit d'aliments d'appoint précieux.

Les chiffres de production d'amidon de patate douce pour les cinq dernières années figurent au Tableau 6. Comme indiqué, 21 600 tonnes d'amidon ont été produites à partir d'un volume moyen

annuel de 123 400 tonnes de patates douces. En 1978, 78 % de l'amidon total de patate douce produit a été utilisé pour la confection de différentes sortes de nouilles.

L'amidon peut être mélangé à de la farine de blé pour la préparation de nouilles, ce qui peut réduire la consommation de farine. Les 32 % restant de la production d'amidon de 1978 ont été utilisés pour des produits chimiques, des médicaments, etc. La patate douce est de plus en plus utilisée pour la production d'alcool. Les chiffres de production d'alcool de patates douces pour 1978 sont donnés au tableau 6.

Au total, 79 % des patates douces produites à des fins industrielles sont utilisées pour la production d'alcool, et les 21 % restant, pour l'amidon.

Tableau 6. Quantités de patates douces utilisées pour la production d'amidon et d'alcool, et quantités d'amidon et d'alcool produites en Corée (1976-1980)

Année	Matières premières (1 000 t) pour			Production	
	Alcool	Amidon	Total	Alcool (D M)	Amidon (1 000 t)
1976	472	132	604	605	23.6
1977	517	102	619	653	18.3
1978	462	136	598	650	24.3
1979	426	117	543	–	17.4
1980	450	130	580	–	24.4
Moyenne	465.4	123.4	588.8	636	21.6
(%)	(79)	(21)	(100)		

Sources : statistiques du Ministère Coréen d'agriculture et des pêches (1986) et Association Coréenne de l'alcool (1979).

BIBLIOGRAPHIE

CHO, J. Y. 1978. Sweet potato. *In* Upland Crops (3rd ed). Suweon, Republic of Korea. 376 pp.

CHUNG, S. K. 1976. Storage of sweet potato. *In* Sweet potato cultivation. Office of Rural Development, Suweon, Republic of Korea, 76 pp.

NATIONAL AGRICULTURAL COOPERATIVE FEDERATION (NACF). 1979. A handbook of agricultural products. Suweon, Republic of Korea.

TIKASI, S. 1942. A research on sweet potato storage. Agric. Res. Bull. of Chosun (Korean) Government-general 14 (2) . 71-114.

LA COMMERCIALISATION DES PATATES DOUCES A TAIWAN

H. Y. CHEN
Division de Commercialisation Agricole, Conseil pour le Développement et la Planification de l'Agriculture, 37 Nan Hai Rd. Taipei, Taïwan.

PRODUCTION

Ces dernières années à Taïwan la production de la patate douce a enregistré une baisse. Les superficies maximum (264 000 ha) ont été atteintes en 1964, et la production record (3,72 millions de tonnes), enregistrée en 1967. Depuis lors, à la fois les superficies et la production ont décliné, atteignant, respectivement, seulement 74 000 et 1,22 million de tonnes en 1979 (PDAF 1980 a). La production totale a décru pour atteindre seulement environ un tiers du niveau de pointe, tandis que les superficies descendaient à 74 000 ha. Cette situation est particulièrement surprenante quand on la met en parallèle avec l'augmentation extraordinaire de la production d'autres cultures.

Beaucoup de facteurs ont contribué au déclin de la production des patates douces à Taïwan. Deux facteurs ont été à cet effet déterminants : premièrement, comme le niveau de vie s'était élevé à Taïwan, la population a eu tendance à consommer plus de riz aux dépens de la patate douce. Deuxièmement, une alimentation du porc basée sur le maïs plutôt que sur la patate douce a été adoptée par les grandes entreprises d'élevage porcin qui, ces dernières années, se sont multipliées. La demande d'un marché amoindri a eu pour conséquence de rendre la production de patates douces relativement peu rentable par rapport aux autres cultures en termes de prix et de revenu.

Un troisième facteur, moins important, est l'amélioration des installations d'irrigation, qui a encouragé les cultivateurs à planter plus de riz, notamment dans les régions des plateaux où la culture de la patate douce était précédemment très répandue.

La patate douce, toutefois, est toujours, et de loin, la plus importante culture de racines amylacées de Taïwan, responsable d'environ 4 % de la valeur totale des récoltes produites en 1979 (PDAF 1980 a).

CONSOMMATION

Les patates douces sont cultivées à Taïwan pour trois utilisations distinctes : l'alimentation humaine, l'alimentation animale, et les matières premières industrielles. D'après les estimations établies par le bilan alimentaire de Taïwan, ces marchés reçoivent respectivement 84 000 tonnes, 771 000 tonnes et 245 000 tonnes du total de 1,22 million de tonnes récoltées en 1979, le reste, (125 000 tonnes) étant des déchets et des semences (CAPD 1979).

Au cours de la période 1940-44, la consommation annuelle moyenne de patate douce par habitant était de 91 kg. En 1979, la consommation moyenne avait diminué jusqu'à atteindre 4,8 kg par personne par an seulement (JCRR 1975 et CAPD 1979). La patate douce est aujourd'hui considé-

rée comme un aliment inférieur par la majorité de la population de Taïwan.

D'ordinaire, les patates douces fraîches sont mélangées avec du riz blanc pour la consommation humaine. Elles sont aussi occasionnellement servies frites dans l'huile, ou grillées au charbon de bois pour le colportage dans les rues. Ces formes, toutefois, n'intéressent qu'une partie insignifiante du marché. Malgré le déclin général de cette industrie, certains signes enregistrés récemment tendraient à montrer que la patate douce peut regagner une certaine popularité comme dessert ou casse-croûte.

Tableau 1. Ecoulement des patates douces produites à Taïwan

Année	Production totale (1 000 t)	Quantités utilisées pour				Distribution en pourcentage (%)			
		Aliment des animaux (1 000 t)	usinage (1 000 t)	semences et déchets (1 000 t)	aliment humaine (1 000 t)	Aliment des animaux	usinage	semences et déchets	aliment humaine
1935-39	1 624	585	162	228	650	36	10	14	40
1940-44	1 639	544	154	226	616	35	10	14	40
1945	1 165	402	117	181	466	34	10	16	40
1950	2 291	959	339	332	550	45	15	15	25
1955	2 437	1 127	366	362	609	45	15	15	25
1960	2 979	1 372	447	411	745	46	15	14	25
1965	3 331	1 615	479	426	626	46	14	13	19
1970	3 441	2 143	688	345	265	62	20	10	8
1975	2 403	1 513	480	245	164	63	20	10	7
1979	1 225	771	245	125	84	63	20	10	7

Source JCRR 1975, CAPD 1980

Dans l'alimentation animale, la patate douce est consommée par le bétail soit crue soit sous forme de chips secs. Etant donné sa masse et sa propension à pourrir, on ne la donne à l'état cru aux animaux que dans les zones de production et très vite après la récolte. Sous forme de chips secs, elle peut beaucoup plus facilement être stockée ou transportée. Dans le passé, les deux formes auraient été cuites avant d'être données au bétail : cela se fait moins souvent aujourd'hui, pour économiser main d'œuvre et combustible.

Les patates douces sont utilisées à des fins industrielles principalement pour l'amidon et l'alcool que l'on peut en tirer. Si toutefois l'usage final de ces produits est la consommation humaine, ils sont pris en compte comme aliments humains dans le bilan alimentaire.

Les patates douces destinées à la table et celles destinées aux animaux ou à la transformation industrielle, sont des produits nettement différents. Celles pour la table doivent avoir un goût, une saveur et une valeur nutritive acceptables. Evidemment, ces qualités deviennent inutiles pour les variétés choisies pour l'élevage ou l'industrie.

COMMERCIALISATION

Une récente enquête a montré que près des deux tiers des patates douces récoltées par les agriculteurs suivaient les circuits de commercialisation, et que le tiers restant était utilisé sur les fermes par les agriculteurs eux-mêmes (Hsu 1979).

Ces dernières années, l'élevage du porc à petite échelle, qui était autrefois le principal soutien de l'industrie du porc à Taïwan, et qui consommait la majeure partie des patates douces cultivées localement, a rapidement ouvert la voie à des opérations commerciales à très grande échelle. Cette tendance a eu pour résultat une augmentation du pourcentage de la culture utilisée industriellement, parce que de moins en moins d'agriculteurs utilisent les patates douces cultivées sur leur ferme pour nourrir leurs propres porcs. Au contraire, ils vendent les patates à d'autres fermiers éleveurs de porcs de la communauté, ou même les expédient à d'autres localités. Pas plus loin qu'en 1966, lorsque l'élevage de porcs utilisant la patate douce indigène était toujours très populaire, le pourcentage des patates douces commercialisées ne dépassait pas 30 %.

Les usines de transformation, les expéditeurs (commerçants qui achètent et distribuent les patates des petits producteurs), les agents d'agriculture qui achètent la production, les grossistes, les détaillants et les exportateurs, participent tous aux activités de commercialisation de la patate douce. La participation au marché des différents circuits et agences est présentée à la Figure 1 et au Tableau 2.

Le débouché le plus important à choisir par les planteurs de patates lorsqu'ils vendent leur produit sont les expéditeurs qui prélèvent jusqu'à 61 % du produit vendu directement par les planteurs de patates. Le second débouché en importance est constitué par les usines qui absorbent environ 25 % des patates commercialisées à partir de la ferme. Ces usines collectent les patates douces soit directement, en envoyant leurs propres employés, soit indirectement par des agents. D'autres agriculteurs composent le troisième groupe d'acheteurs le plus important et achètent les patates surtout pour l'alimentation animale. Ces trois débouchés majeurs absorbent 97 % du produit vendu directement par l'agriculteur.

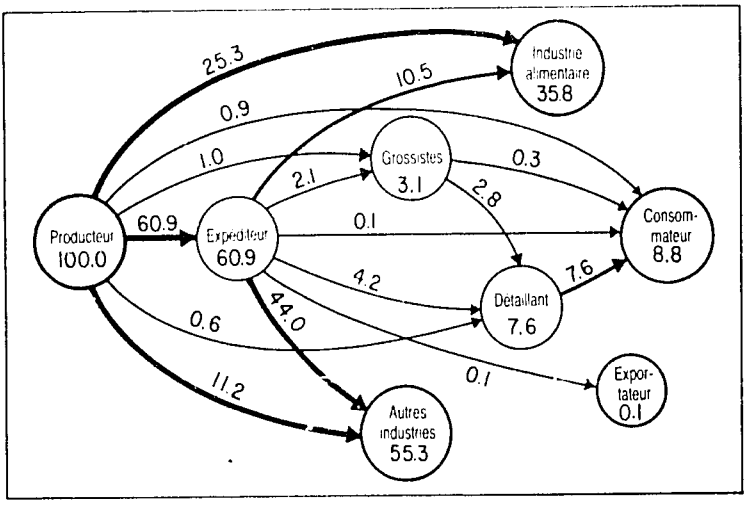


Figure 1. Circuits de commercialisation des patates douces.

Environ 70 % des patates douces achetées par l'expéditeur sont revendues à d'autres fermiers, en particulier pour l'alimentation animale, et environ 17 % sont livrées aux usines de transformation pour être utilisées comme matières premières. Le grossiste participe à raison de 3 % seulement au volume total du marché, alors que le détaillant participe pour environ 8 % du total. Les circuits autres que ceux mentionnés ci-dessus sont comparativement mineurs en termes de distribution de ce produit.

Tableau 2. Distribution des patates douces commercialisées en pourcentage (1976)

	Agriculteur	Expéditeur	Grossiste	Détaillant	Exportateur	Total
Industrie de transformation	25.3	10.5				35.8
Expéditeur	60.9					60.9
Grossiste	1.0	2.1				3.1
Détaillant	0.6	4.2	2.8			7.6
Consommateur	0.9	0.1	0.2	7.6		8.8
Autres agriculteurs	11.2	44.0				55.3
Exportateur		0.1				0.1
Export					0.1	0.1
Total	100.0	61.0	3.0	7.6	0.1	

Source: Hsu 1979

A Taïwan, le commerce de la patate douce n'est habituellement pas inclus dans le marché de gros des fruits et des légumes. Cependant, le volume des ventes et des achats de ce produit au marché terminal de Taipei a augmenté de manière sensible. Les transactions enregistrées ces quatre dernières années montrent que 1274 tonnes ont changé de mains en 1977, 1150 tonnes en 1978, 1472 tonnes en 1979, et 2023 tonnes en 1980.

COÛTS ET MARGES

Les coûts et marges impliqués dans le commerce des patates douces à Taïwan sont présentés en détail au Tableau 3. De ce tableau, il ressort clairement qu'en 1976, le coût de commercialisation de 100 kg de patates douces était de 164 $ NT, soit 43 % du prix du détail. Même en tenant compte de l'encombrement massal de la plante et de sa nature périssable, la patate douce continue de procurer au planteur un revenu équitable.

Les marges brutes au niveau, à la fois du gros et du détail, constituent de loin le coût le plus important ; à elles deux, elles doivent représenter environ 66 % de la facture totale de commercialisation. Bien que beaucoup de gens commettent la faute d'assimiler marges brutes et bénéfices, ces marges en fait incluent, outre le profit net au sens originel, tous les frais payés et imputés du commerçant, tels que salaires, primes de risque, intérêt ou revenus sur le capital, dépréciations et taxes.

Le coût du transport nécessaire pour amener le produit du champ au marché de détail vient en seconde place parmi les postes des frais de la commercialisation. Il est responsable pour 23 % de la facture totale de commercialisation. Les dépenses d'emballage arrivent troisième avec 18 % du total. Les autres postes sont relativement peu importants.

En 1966, la part de l'agriculteur sur le prix de détail de la patate douce fraîche était de 56 % (Chen 1972). Ceci peut être considéré comme la part de l'agriculteur prélevée sur le dollar du consommateur. Au cours de la décennie passée, il n'y a pratiquement pas eu de changement dans la part de l'agriculteur prélevée sur le dollar du consommateur. Toutefois, les marges brutes du grossiste et du détaillant ont beaucoup augmenté pendant cette période, ce qui a eu pour résultat de modifier de façon significative la structure des coûts de commercialisation de cette denrée. Cette tendance suggère que les économies opérées dans les coûts de distribution physique de ce produit, comme les dépenses de transport et d'emballage, sont compensées par l'augmentation des marges brutes.

PRIX

Les prix à la ferme des patates douces fraîches de Taïwan pour les 15 dernières années sont présentées au Tableau 4. D'après les chiffres de ce tableau, on voit que le prix à la ferme des patates douces fraîches était en 1965, de 0,89 $ NT/kg. En novembre 1980, le prix avait atteint 2,70 $ NT/kg, une augmentation nette d'environ 200 % en 15 ans.

Tableau 3. Frais de commercialisation de la patate douce fraîche par poste (1976)

Poste	Montant (NT $ 100 kg)[1]		Pourcentage (%)	
Prix à la ferme		216.67		
Transport	13.62		8.33	
Emballage	6.81		4.17	
Marge de gros	31.73		19.40	
Pertes et diminution	5.18		3.17	
Sous-total (1)		57.34		35.07
Prix de gros		274.01		
Transport	9.64		5.90	
Emballage	10.94		6.69	
Marge détail	75.73		46.31	
Pertes et diminution	9.87		6.03	
Sous-total (2)		106.18		64.93
Prix détail		380.19		
Total des frais de commercialisation (1) + (2)		163.52		100.00
Part du fermier sur le prix de détail (prix à la ferme/prix de détail)				57.00

[1] Taux approximatif de conversion en 1976 : 1 $ US = 38 NT $

Source : HSU 1979

Au cours de la même période, l'économie de Taïwan a fait l'expérience d'une inflation rapide et prononcée. Le rythme de la hausse des prix pour les espèces concurrentes est, dans certains cas, plus fort que celui de la patate douce. Ceci rend le prix de la patate douce relativement peu attrayant pour les agriculteurs, en comparaison avec d'autres produits pouvant être cultivés de façon plus rentable. Le prix à la ferme du paddy, par exemple, a augmenté de 245 % au moins au cours de la même période, laissant le prix de la patate douce végéter loin derrière. Les rapports des indices des prix entre la patate douce et le paddy au cours des 15 dernières années, en utilisant 1965 comme année de base, étaient tous inférieurs à 100, et pour plus de la moitié des années, n'atteignaient même pas 90. Cela signifie que, en comparaison avec 1965, la culture actuelle de la patate douce est devenue moins rentable que celle du riz, si les prix seuls sont pris en compte.

Les patates douces achetées et vendues sur les marchés principaux des zones de consommation sont destinées à la table uniquement et, de ce fait, vont chercher des prix plus élevés. Les chiffres entre parenthèses du Tableau 4 donnent le prix de gros annuel moyen des patates douces fraîches achetées et vendues sur le marché principal de Taipei. Le prix pratiqué sur ce marché est de 70-90 % plus élevé que celui pratiqués aux marchés des zones de production. Même en tenant compte des frais de transport, qui sont à présent d'environ 0,50 $ NT/kg, les commerçants fixent un prix élevé pour les patates douces vendues pour l'usage domestique.

Tableau 4. Prix commercial de la patate douce et du riz [z]

Année	Prix fermier de la patate douce ($ NT/kg) [y] (1)	Prix fermier du riz paddy ($ NT/kg) [y] (2)	Rapport de prix (1) ÷ (2)
1965	0.89	4.13	100
1966	0.82	4.15	92
1967	0.91	4.39	96
1968	0.90	4.63	90
1969	0.80	4.53	82
1970	0.90	4.72	88
1971	0.78	4.65	78
1972	0.77	4.93	72
1973	1.14	5.69	93
1974	1.71	10.20	78
1975	1.40	11.80	69
1976	1.76	10.62	77
1977	1.82 (2.60) [x]	9.50	95
1978	1.88 (3.42) [x]	9.06	96
1979	2.27 (4.33) [x]	10.98	96
1980 (Nov)	2.70 (4.5) [x]	14.24	88

[z] Toutes les données de la PDAF 1980 b sont prises de TFVM (1978-1980) à l'exception des chiffres portant un [x]
[y] Taux de change approximatif en 1980 environ 1 $ US = 36 $ NT
[x] Moyenne annuelle du prix des patates douces traitées au Marché de Gros des Fruits et Légumes de Taipei.

PERSPECTIVES

Dans la mesure où la production totale est en question, l'industrie de la patate douce à Taïwan a maintenant perdu beaucoup de sa gloire passée. Toutefois, cela ne veut pas dire nécessairement que le futur soit sans espoir. La culture pourrait rester économiquement précieuse si des mesures adéquates étaient prises pour améliorer la production et la commercialisation.

En tout premier lieu, il est nécessaire d'établir une distinction entre les patates douces pour l'usage domestique et celles pour l'alimentation animale. Ce sont des denrées absolument différentes. Les mesures prises en matière d'amélioration doivent être taillées à la mesure des caractéristiques commerciales des patates douces pour ces différentes utilisations.

Etant donné que l'aliment composé prêt à l'emploi est le type le plus commun donné aux animaux dans l'élevage moderne de porcs, il est extrêmement important de mettre au point une technologie qui incluera la patate douce comme ingrédient majeur dans la ration équilibrée du porc. C'est seulement si les patates douces sont utilisées en grandes quantités par l'indsutrie des aliments composés pour l'élevage que le marché de ce produit pourra être soutenu et se développer.

En ce qui concerne les patates douces pour la table, il est nécessaire que le public des consommateurs reconnaisse sa valeur nutritionnelle et commerciale. Il est absolument nécessaire de créer une image entièrement neuve du marché de la patate douce pour la consommation humaine. C'est seulement quand les consommateurs seront devenus conscients que les patates douces qu'ils consomment sont des variétés complètement différentes de celles qui sont données aux porcs, qu'ils se sentiront attirés par les patates douces pour leur alimentation.

Les circuits de commercialisation existants pour la patate douce ont à l'origine été organisés pour adapter le flux de ce produit à l'alimentation animale. Comme tels, ils sont loin d'être appropriés pour la commercialisation des patates douces pour la table. Il est par conséquent nécessaire de développer de nouveaux circuits de commercialisation et de nouvelles techniques de manipula-

tion spécifiquement conçues pour organiser le marché de cette denrée en vue de la consommation domestique.

Si tout ceci est réalisé, on peut raisonnablement s'attendre à ce que le marché domestique de la patate douce se développe et dépasse de loin le niveau actuel.

BIBLIOGRAPHIE

COUNCIL FOR AGRICULTURAL PLANNING AND DEVELOPMENT (CAPD). 1979. Taiwan food balance sheet. Taipei, Taiwan.

CHEN, H. Y. 1972. Agricultural marketing in Taiwan. Joint Commission on Rural Reconstruction, Taipei, Taiwan. 89 pp.

HSU, W. F. 1979. A study on the marketing and marketing cost distribution of agricultural products in Taiwan. (in Chinese). Agric. Econ. Res. Inst., National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan.

HSU, W. F., C. H. TSENG and H. Y. CHEN. 1975. A study of agricultural marketing in Taiwan. (in Chinese). Agric. Econ. Res. Inst. National Taiwan University and Agric. Econ. Res. Inst., National Chung-Hsing University. 125 pp.

JOINT COMMISSION ON RURAL RECONSTRUCTION (JCRR). 1975. Taiwan food balance sheet. Taipei, Taiwan.

PROVINCIAL DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FORESTRY (PDAF). 1980 a. Taiwan agricultural yearbook. Taiwan.

PROVINCIAL DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND FORESTRY (PDAF). 1980 b. Taiwan agricultural prices monthly. Taiwan.

TAIWAN FRUIT AND VEGETABLE MARKETING CORPORATION. 1978-1980. Market yearbook. (in Chinese). Taiwan.

WU, C. Y. 1977. A study of supply and demand of starches in Taiwan. (in Chinese). Bank of Taiwan Quarterly 18 (2): 278-307.

Casse-croûte préparé avec des racines de patate douce.

LA PHYSIOLOGIE ET LA PATHOLOGIE DE LA PATATE DOUCE AU STADE POST-RECOLTE DU POINT DE VUE BIOCHIMIQUE

I. URITANI
Laboratoire de Biochimie, Faculté d'Agriculture, Université de Nagoya, Chikusa, Nagoya 464, Japon.

INTRODUCTION

La physiologie et la pathologie de la patate douce au stade post-récolte présentent beaucoup de problèmes. ces problèmes sont toutefois variables suivant que les régions sont tempérées ou tropicales. Dans les régions tempérées, les dégâts dus au froid peuvent être importants, étant donné que la patate douce est une plante tropicale sensible au froid (Lyons 1973; Uritani 1978b). Quand les racines de patate douce sont stockées à des températures inférieures à environ 8°C, elles souffrent en général de détérioration physiologique, et ensuite de pourriture molle, dont l'agent pathogène est une sorte de champignon plutôt saprophyte, comme le *Rhizopus stolonifer* (Fries) Lind (Shichi et Uritani 1956). Au Japon, les agriculteurs conservent les racines à des températures allant de 10-15°C, en hiver.

Dans les zones tropicales et subtropicales, cependant, les problèmes les plus graves après la récolte de la patate douce comprenent la germination, une diminution de la teneur en hydrates de carbone (tel que l'amidon) et les dégâts d'infection fongique et d'infestation par les insectes, et conduisent à un abaissement de la qualité de l'aliment, tant pour l'homme que pour l'animal. Il est normalement difficile, dans les régions tropicales et subtropicales, de conserver des racines à 10-15°C.

Cette communication traite surtout des blessures mécaniques occasionnées aux racines de patate douce pendant et après la récolte, de la cicatrisation des blessures et de la détérioration subséquente due à l'infection microbienne, étant donné que les microbes sont communs aux régions tropicales et tempérées.

BLESSURES ET REACTIONS BIOLOGIQUES

Les facteurs occasionnant des dommages peuvent être subdivisés en quatre catégories : physiques (climat y compris), chimiques, biologiques et physiologiques.

Par rapport aux plantes à feuilles, les plantes à racines peuvent normalement être conservées dans de bonnes conditions de fraîcheur pendant une longue période. Mais les plantes à racines réagissent vigoureusement aux agressions mécaniques et extériorisent de fortes réactions biologiques qui finalement conduisent à la cicatrisation. Lorsque celle-ci n'est pas complète, les plantes sont souvent attaquées par différentes sortes de micro-organismes, pathogènes ou non. Par conséquent, le dommage mécanique est souvent accompagné d'infection. Les réactions biologiques, que ce soit aux dommages mécaniques ou à l'infection, entraînent souvent des modifications dans la qualité des aliments pour l'homme et pour l'animal.

DOMMAGE MECANIQUE

Lorsque les patates douces sont récoltées, à la main ou à la machine, elles sont souvent blessées. Cela peut se produire à n'importe quel moment de la filière : stockage, transport, emballage et mise en caisse. Lorsque la blessure est visible à l'oeil nu, la valeur marchande est réduite. Par ailleurs, certaines blessures bien que non visibles, abaisseront également tôt ou tard la qualité par l'extériorisation graduelle de modifications biologiques.

Respiration de la blessure

Comme chez beaucoup de racines tubéreuses, de tubercules et de bulbes des plantes à racine, la respiration des racines de patates douces devient plus intense, en réponse à une blessure (Figure 1), et les racines deviennent plus sensibles au cyanure. La respiration double après environ 20 heures avec un retard de plusieurs heures. Ce type de respiration intensifiée est appelée respiration de blessure (Uritani et Asahi 1980).

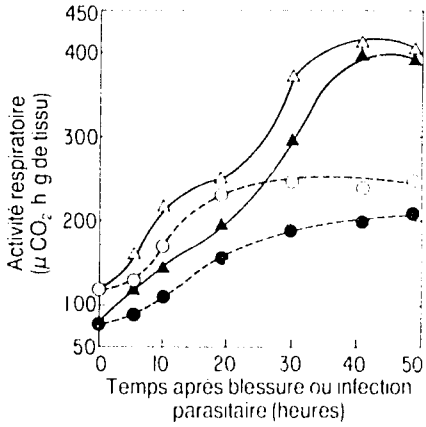


Figure 1. Intensification de la respiration des tissus de la racine de la patate douce en réponse à une blessure ou à l'infection *Ceratocystis fimbriata*. Des tranches de tissu (environ 3 cm d'épaisseur) de racines de patate douce (cultivar Norin 1) ont été mises en incubation à 30°C après une incubation avec ou sans le champignon. Des tranches minces (0,5 × 10 mm) ont été prélevées du tissu interne (épais de 1-2 mm) adjacent à la surface de coupe, et du tissu non infecté (épais de 1-2 mm) adjacent à la région infectée, suite à une blessure mécanique dans le premier cas et à une infection dans le second. Le taux de respiration a été mesuré à l'aide d'un manomètre Warburg, en présence ou l'absence de cyanure 10^{-3} M. ●---●, ○---○, Δ — Δ, Δ — Δ : tissus blessés, avec ou sans cyanure, respectivement.

Généralement parlant, le taux de respiration est régi par la concentration du substrat initial, la concentration de ADP relative à la phosphorilation d'oxydation et la masse d'activité du système enzymatique de la respiration.

Les substrats initiaux majeurs de la respiration des racines de patate douce sont l'amidon et le saccharose, et les substrats initiaux mineurs sont le glucose et le fructose.

En réaction à une blessure d'origine mécanique, des dérivés monosaccharides comme le phospate-6 glucose semblent être initalement utilisés comme substrat, après quoi vient le sucrose, et ensuite l'amidon. Les recherches réalisées jusqu'ici montrent qu'il est improbable que le substrat initial soit le facteur limitant de la respiration de la blessure. En réaction à la blessure, de l'acide d'invertase est formé *de novo* après un retard de plusieurs heures, et cette activité atteint un pic après environ 18 heures avant de décroître. Comme le montre la Figure 2, l'activité est régie à la fois par l'enzyme intrinsèque et l'inhibiteur protidique. La quantité de saccharose décroît dans une certaine mesure après l'augmentation de l'activité de l'acide d'invertase (Matsushita et Uritani 1974). Il se peut que de suite après la blessure, le saccharose se décompose en glucose et en fructose par l'activité accrue de l'invertase, et qu'ils soient par conséquent utilisées comme substrat.

Finalement, l'amidon est décomposé en glucose après un laps de temps de 12 h environ et ceci procure le substrat pour la respiration de la blessure. L'activité conjointe de l'alpha-amylase et de la bêta-amylase s'accroît, mais pas de façon aussi marquée. Nous pensons que l'accessibilité de ces enzymes aux granules d'amidon dans les amyloplastes peut être encore renforcée par la modification de la membrane de l'amyloplaste en réponse à une blessure mécanique. Il en résulte une augmentation des sucres réducteurs comme le glucose (Kato et Uritani 1976).

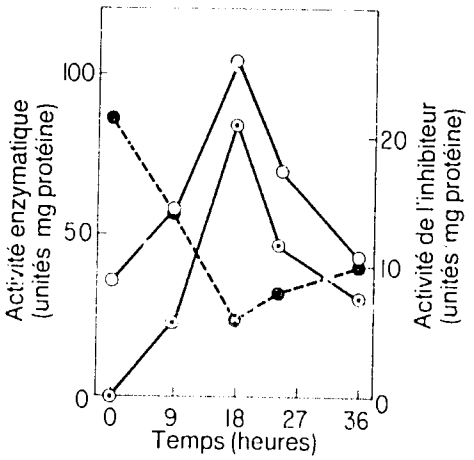


Figure 2. Modifications des activités de l'acide d'invertase apparent intrinsèque et de l'inhibiteur sur des tranches de tissu (épais de 3 mm) de racines de patate douce (cultivar Norin 1) au cours de l'incubation à 30 °C.

○—○, ⊙—⊙ et ●---●: Activités de l'acide d'invertase apparent intrinsèque et de l'inhibiteur, respectivement.

La diminution d'amidon et l'augmentation des sucres réducteurs des racines blessées affectent la qualité de la patate douce en tant qu'aliment de consommation humaine et animale.

En ce qui concerne la concentration d'ADP (ester de l'adénosine et de l'acide pyrophosphorique), les nucléotides d'adénine comprenant l'ATP (adénosine triphosphate), l'ADP et l'AMP (ester de l'adénosine et de l'acide métaphosphorique), augmentent dans les racines 3 h après la blessure et l'ADP lui-même augmente un peu plus tard. L'augmentation d'ADP peut être due à l'activité de différents processus utilisant l'ATP comme la biosynthèse protidique, et à la synthèse des nucléotides d'adénine (Takamura et Uritani 1973).

En considérant le grand nombre d'activités du système respiratoire enzymatique, nous avons quelque preuve de l'activité accrue de certaines enzymes de la filière glycolytique et de la filière du phosphate de pentose. Ce sont l'acide d'invertase, la deshydrogénase 6-phosphate de glucose et la deshydrogénase 6-phosphogluconate. La phase suivante du sytème respiratoire enzymatique est localisée dans les mitochondries. L'activite oxydante des mitochondries est stimulée dans les racines blessées, quand le succinate et l'alpha-ketoglutarate sont utilisés comme intermédiaires du cycle de TCA. En outre, l'oxydase ^{C} du cytochrome et la deshydrogénase du succinate, qui sont les enzymes liées aux membranes mitochondriales, sont synthétisées *de novo*, précédant l'augmentation de la respiration de la blessure (Maeshima et Asaki 1979).

Les modifications dans les activités des enzymes reflètent celles du réapprovisionnement en protéine (Uritani 1976). Cela signifie que les concentrations individuelles des intermédiaires et des coenzymes, vitamines inclues, du système respiratoire enzymatique sont modifiées et que les compositions en acides aminés des protéines et du pool d'acides aminés sont fortement modifiées chez les racines blessées mécaniquement. Ceci conduit à des modifications du goût et de la qualité de la patate douce comme aliment de consommation humaine et animale. En fait, l'acide ascorbique total augmente pendant l'augmentation de la respiration de la blessure, bien que le rapport du type oxydé au type réduit soit plus élevé chez les racines blessées mécaniquement.

Production de polyphénol

En réaction à une blessure d'origine mécanique, de l'acide chlorogénique et de l'acide isochlorogénique sont produits dans les racines suite à la blessure après environ 12 h (Uritani 1978 a). De l'acide caféique et ses esters méthyle sont également produits, quoiqu'en plus petites quantités. La production est plus élevée dans les tissus immédiatement adjacents à la surface de coupe et diminue graduellement dans les tissus internes à la surface de coupe (Figure 3).

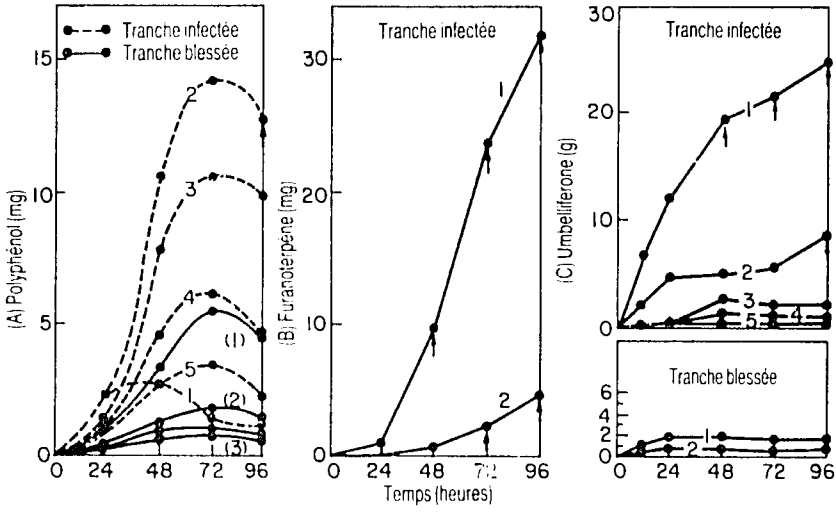


Figure 3. Production de métabolites secondaires anormaux dans différentes tranches discales de tissu de racines de patate douce en réponse à une blessure ou à l'infection *Ceratocystis fimbriata*. Des tranches de tissu (épaisses d'environ 3 mm) de racines de patate douce (cultivar Norin 1) ont été mises en incubation à 30 °C après inoculation avec et sans le champignon, et ont été appelées tissu « infecté » et tissu « blessé ». Aux périodes appropriées, des tranches ont été découpées en disques (épais de 0,5 mm ou de 1,0 mm) partant de la surface de coupe et pénétrant vers l'intérieur, et différentes couches de disque ont ensuite été analysées pour les trois sortes de composés. (A) polyphénol, mg (exprimé en acide chlorogénique) pour 15 disques (10 mm de diamètre et épais de 1 mm). (B) Furanoterpène, mg (exprimé en ipomeamarone) pour 15 disques (10 mm de diamètre et 0,5 mm d'épaisseur). (C) Umbelliferone, g pour 10 disques (10 mm de diamètre et 1 mm d'épaisseur). La flèche indique les périodes pendant lesquelles plus de 50 % des disques étaient infectés. Les chiffres 1 à 5 indiquent les couches du disque (0,5 mm ou 1,0 mm) à partir de la surface vers le tissu interne.

Des expérimentations sur RI et des expérimentations enzymatiques ont montré que la filière shikimate et la filière phénylpropanoïde sont impliquées dans la production de polyphénol en réponse aux blessures mécaniques infligées aux racines de patate douce, comme c'est le cas aussi chez d'autres plantes.

En réaction à une blessure mécanique, certaines enzymes appartenant à la filière shikimate sont formées, et la phénilalanine ammonia-lyase (PAL) et l'acide 4-hydroxylase cinnamique sont synthétisés un peu plus tard (Tanaka *et al.* 1974). Une combinaison de l'expérimentation sur RI avec des techniques immunochimiques a montré que la PAL est synthétisée *de novo*, peut-être sous le processus actif de la DNA masquée, par certaines hormones végétales telles que l'acide indoleacétique (Tanaka et Uritani 1977 b).

Les isozymes peroxydases et polyphénol oxydase sont synthétisés *de novo* avec des retards d'environ 12 h et 24 h, respectivement (Uritani 1976). Certains des premiers isozymes sont liés à la réaction de brunissement, comme nous l'expliquons ci-après. Dans les tissus intacts des racines

blessées, les isozymes sont séparés des polyphénols par le système de membrane cellulaire. Quand un tel tissu est homogénéisé ou à nouveau blessé, la réaction de brunissement a lieu, parce que les isozymes de l'oxydase du polyphénol oxydent librement les polyphénols en *ortho*-quinone, qui est ensuite combinée avec les acides aminés et les protéines, produisant les pigments bruns. Par conséquent, les racines de patate douce souffrant de blessure mécanique partielle présentent aussi une qualité alimentaire diminuée.

Formation d'une couche de cicatrisation

La respiration de la blessure et la production de polyphénol sont liées à la formation d'une couche de cicatrisation. Dans le cas des racines de patate douce, la couche de blessure est composée d'une couche de lignine et d'une couche de liège. La lignine est formée, par l'oxydation polymérisée du type de phényl-propanoïdes réduits avec un retard d'environ 24 h, peut-être par certains isozymes de peroxydase spécifiques, appelés composantes H1 et H2 (Matsuno et Uritani 1972; Uritani *et al.* 1975). Ensuite, la couche de liège se forme immédiatement en dessous de la couche de lignine. Lorsque l'humidité est élevée, un cal se forme également.

Un traitement pour de telles blessures consiste à conserver les racines récoltées dans un local à 30-35 °C et à une humidité relative de 85-90 % pendant trois à quatre jours. Ce traitement est appelé le ressuyage. La formation d'une couche de cicatrisation est efficace pour protéger les racines des attaques de microorganismes et pour minimiser la perte d'eau et de composants nutritifs.

INFECTION

Quand les racines de patate douce sont blessées mécaniquement, les parties blessées peuvent être attaquées par diverses sortes de microorganismes, avant que la formation de la couche de cicatrisation soit achevée. Peu de temps après l'infection des parties blessées, la respiration et la production de polyphénol dans les tissus adjacents non infectés augmentent brusquement (Figures 1 et 3) (Asahi *et al.* 1979), et de l'éthylène est rapidement produit. En outre, des coumarines et des furanoterpènes sont produits dans la zone infectée (Figure 3) (Uritani 1976, 1978 a). Les furanoterpènes sont toxiques pour les champignons et appartiennent aux phytoalexines (Müller et Börger 1940). Le principal composant des furanoterpènes est appelé ipomeamarone (Hiura 1941; Kubota et Matsuura 1953) et actuellement, dix composants environ ont été caractérisés par Burka *et al.* (1977) et Uritani (1978 a). Les coumarines et les furanoterpènes sont toxiques pour les germes pathogènes, et normalement ils protègent les tissus racinaires de la pénétration de microorganismes pathogènes. Ces composants sont produits en relativement grandes quantités, en parallèle avec la pénétration de microorganismes pathogènes comme *Ceratocystis fimbriata* (Elle *et* Halst) Elliot (Uritani 1971), *Fusarium oxysporum f. batatatis* (Wollenweber) Snyder *et* Hansen (Burka *et al.* 1977), et *Botryodiplodia theobromae* (Arinze et Smith 1978).

Quand elles sont blessées mécaniquement, les racines de patate douce acquièrent le pouvoir de produire, rapidement et en abondance, des coumarines et des furanoterpènes en réponse à l'infection, bien qu'ils ne soient que très peu présents — voire tout à fait absents — dans les racines intactes. En réponse à une blessure mécanique, certaines parties de la filière de biosynthèse de production de furanoterpène sont induites, et l'infection subséquente complète la filière, conduisant à la biosynthèse de ce composé (Figure 4) (Uritani 1971, 1978 a; Uritani et Asahi 1980; Uritani *et al.* 1981). L'éthylène peut prendre part aux processus ci-dessus, même si elle ne joue qu'un rôle minime.

En la considérant au point de vue nutritionniste, la production de ces composés de contrainte comprenant les furanoterpènes, les coumarines et les polyphénols, est indésirable. En effet, ils sont tous plus ou moins toxiques et nuisent au goût, particulièrment les furanoterpènes qui sont extrêmement amers.

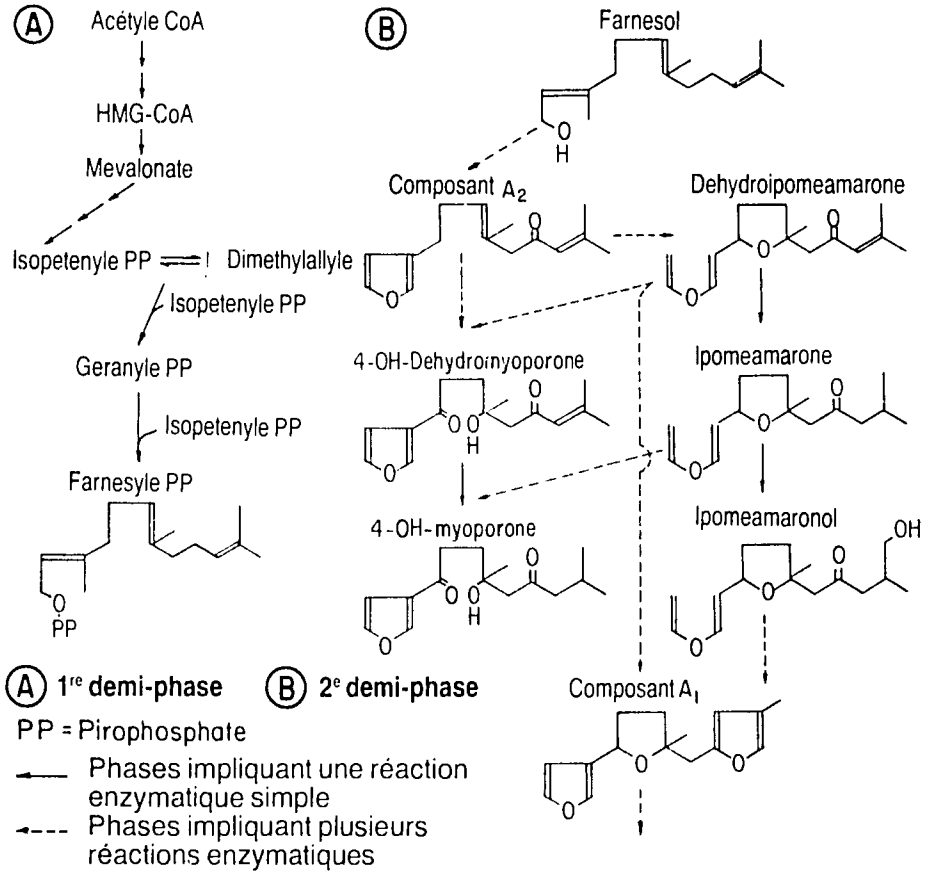


Figure 4. Filière de biosynthèse des furanoterpènes dans les racines de patate douce en réaction à une blessure infectée.
A. 1ère demi-phase B. 2ème demi-phase

CONCLUSION

Les problèmes de conservation post-récolte et de manipulations des racines de patates douces diffèrent entre les régions tempérées et les régions tropicales ou subtropicales. Il est important de récolter les racines de patates douces sans les blesser et de les stocker et de les manipuler sans leur causer le moindre mal, visible ou invisible.

Un progrès important pourrait consister à mettre au point des méthodes de récolte, de stockage et de manutention post-récolte qui éviteraient les blessures mécaniques. De plus, un objectif très valable serait d'essayer de sélectionner des variétés à cellules épidermiques suffisamment coriaces pour résister aux blessures.

Dans les régions tropicales ou subtropicales, il est facile de ressuyer les racines de patate douce avant le transport ou le stockage, à cause du climat aux températures relativement élevées. Si les racines de patates douces étaient appelées à devenir une nourriture beaucoup plus appréciée par les populations des régions tropicales ou subtropicales, comme elles le sont dans certains pays de la zone tempérée comme les USA et le Japon, il serait utile de se pencher sur la question du ressuyage dans ces régions.

Dans les régions tropicales ou subtropicales, il n'est pas facile de conserver les racines de patate douce a 10-20° C, comme elles le sont dans les régions tempérées. Il conviendrait de trouver le moyen de stocker les racines, même à 25° C ou à des températures plus élevées encore, sans consommation d'hydrates de carbone et sans germination exagérées. Une approche pourrait consister à tester le stockage dans des atmosphères contrôlées avec précision et en utilisant des emballages plastiques.

La patate douce peut disposer de mécanismes de défense contre l'infection microbienne autre que la production de composés de contrainte décrite plus haut. Ils peuvent impliquer la reconnaissance de microorganismes comme « non-auto » par certaines lectines chez la patate douce (Uritani et Kojima 1979). Le rôle de ces lectine(s) dans la défense contre les infections microbiennes devrait faire l'objet de travaux ultérieurs.

BIBLIOGRAPHIE

ARINZE, A. E. and I. M. SMITH. 1978. Antifungal furanoterpenoids of sweet potato in relation to pathogenic and non-pathogenic fungi. Abstracts of 3rd International Congress of Plant Pathology. Munich 16-23. 219 pp.

ASAHI, T., M. KOJIMA and T. KOSUGE. 1979. The energetics of parasitism, pathogenism, and resistance in plant disease. p. 47-73. *In* J. G. Horsfall and E. B. Cowling (ed) Plant Disease, Volume IV. Academic Press, New York-London-Toronto-Sydney-San Francisco.

BURKA, L. T., L. KUHNERT, B. J. WILSON and T. M. HARRIS. 1977. Biogenesis of lung-toxic furans produced during microbial infection of sweet potatoes (*ipomoea batatas*). J. Amer. Chem. Soc. 99 : 2302-2305.

HIURA, M. 1941. Studies on storage and rot of sweet potato. (in Japanese). Gifu Coll. Agric. Res. Bull. 50 : 1-5.

KATO, C. and I. URITANI. 1976. Changes in carbohydrate content of sweet potato in response to cutting and infection by black rot fungus. Ann. Phytopathol. Soc. Japan. 42 : 181-186.

KUBOTA, T. and T. MATSUURA. 1953. Chemical studies on the black rot disease of sweet potato. VI. On the chemical structure of ipomoeamarone. (in Japanese with English summary). J. Chem. Soc. Japan Ind. Chem. Sect. 74 : 248-251.

LYONS, J. M. 1973. Chilling injury in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 24 : 445-466.

MAESHIMA, M. and T. ASAHI. 1979. Sweet potato cytochrome ^{c} oxidase : its properties and biosynthesis in wounded root tissue. *In* T. E. King, Y. Orii, B. Chance and K. Okunuki (eds) Cytochorme oxidase (Volume 5, Development in Biochemistry). Elservier North-Holland Biochemical Press. New York-Oxford.

MATSUNO, H. and I. URITANI. 1972. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. Plant and Celle Physiol. 13 : 1091-1101.

MATSUSHITA, K. and I. URITANI. 1974. Change in invertase activity of sweet potato in response to wounding and purification and properties of its invertases. Plant Physiol. 54 : 60-66.

MLLER, K. and H. BRGER. 1940. Experimentelle Untersuchungen über die Phytophthora-Resistenz der Kartoffel. Arb. Biol. Reichsanstalt. Landw. Forstw. Berlin 23 : 189-231.

SHICHI, H. and I. URITANI. 1956. Alterations of metabolism in plants at various temperatures. Part 1. Mechanism of cold damage of sweet potato. Bull. Agric. Chem. Soc. Japan 20 (suppl.) : 284-388.

TAKAMURA, T. and I. URITANI. 1973. Changes in acid-soluble nucleotides in cut-injured sweet potato root tissue. Agric. Biol. Chem. 37 : 1511-1515.

TANAKA, Y., M. KOJIMA and I. URITANI. 1974. Properties, development and cellular-localization of cinnamic acid 4-hydroxylase in cut-injured sweet potato. Plant and Cell Physiol. 15 : 843-854.

TANAKA, Y. and I. URITANI. 1977 a. Synthesis and turnover of phenylalamine ammonia-lyase in root tissue of sweet potato injured by cutting. Eur. J. Biochem. 73 : 255-260.

TANAKA, Y. and I. URITANI. 1977 b. Polarity of production of polyphenols an development of various enzyme activities in cut-injured sweet potato root tissue. Plant Physiol. 60 : 563-566.

URITANI, I. 1971. Protein changes in diseased plants. Ann. Rev. Phytopatho 9 : 211-234.

URITANI, I., N. TERASHIMA and M. KOJIMA. 1975. Lignin formation in sweet potato and cucumbers in response to mechanical or infectious injury (in Japenese). Abstracts of 20th Symposium on Lignin Chemistry. Nagoya October 20-21. 65-68.

URITANI, I. 1976. Protein metabolism. *In* R. Heitefuss and P. H. Williams (eds) Physiological Plant Pathology Volume 4. Encyclopedia of Plant Physiology. A. Pirson and M. H. Zimmermann (eds). Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. p. 509-525.

URITANI, I. 1978 a. Biochemistry of host response to infection. *In* L. Reinhold, J. B. Harbone and T. Swain (eds) Progress in Phytochemistry. Volume 5. Pergamon Press, Oxford-New York-Toronto-Sydney-Paris-Frankfurt. p. 29-63.

URITANI, I. 1978 b. Temperature stress in edible plant tissues after harvest. *In* H. O. Hultin and M. Milner, (eds). Postharvest Biology and Biotechnology. Food and Nutrition Press, Inc., Westport, Connecticut. p. 136-160.

URITANI, I. and K. OBA. 1978. The tissue slice system as a model for studies of host-parasite relationships. *In* G. Kahl, (ed) Biochemistry of WounJed Plant Tissues. Walter de Gruyter, Berlin-New York. p. 287-308.

URITANI, I. and M. KOJIMA. 1979. Spore agglutinating factor and germ tube growth inhibiting factor in host plant. *In* J. M. Daly and I. Uritani (eds) Recognition and Specificity in Plant Host-Parasite Interactions. Japan Sci. Press, Tokyo and University Park press, Baltimore. p. 181-191.

URITANI, I. and T. ASAHI. 1980. Respiration and related metabolism activity in wounded and infected tissues. *In* D. D. Davies (ed) Metabolism and Respiration Volume 2. The Biochemistry of plants, P. K. Stumpf and E. E. Conn (eds) Academic press, New York-London-Toronto-Sydney-San Francisco. p. 463-485.

URITANI, I., K. OBA, A. TAKEUCHI, K. SATO, H. INOUE, R. ITO and I. TIO. 1981. Biochemistry of furanoterpenes produced in mold-damaged sweet potatoes. *In* L. Ory (ed) Antinutrients and Natural Toxicants in Foods. Food and Nutrition Press, Inc., Westport, Connecticut. (in press).

LA DESHYDRATATION SOLAIRE DE LA PATATE DOUCE

J. H. MOY et S. P. .S. CHI
Département de Science Alimentaire et de Nutrition Humaine, Université d'Hawaï, Honolulu, Hawaï 96822, USA.

INTRODUCTION

Le séchage solaire des cultures et de certains produits alimentaires a été pratiqué à travers les âges dans différentes parties du monde. Moyen économique de convertir un produit récolté à l'état sec avec une durée de conservation raisonnable, le séchage solaire a l'avantage de pouvoir utiliser une source d'énergie gratuite et non polluante et de requérir un investissement minimum en équipement. Ses désavantages sont que la consommation d'énergie et la qualité du produit peuvent rarement être contrôlées. Ainsi, la culture ou l'aliment séché est facilement contaminé par la poussière et les insectes. Avec comme résultat, que la qualité de l'aliment séché au soleil, excepté les grains, est souvent considérée comme inférieure à celle d'autres aliments séchés.

La déshydratation solaire — un procédé combinant le contrôle du séchage et de la température, la régulation du flux d'air, et d'autres innovations techniques — apparaît comme une étape vers l'amélioration de la qualité des produits séchés au soleil et l'augmentation de l'efficience du procédé de séchage solaire. Le potentiel qu'offre la technologie de déshydratation solaire de réduire ou d'éliminer bon nombre des problèmes rencontrés dans le séchage au soleil, tels que manque d'hygiène, utilisation inefficiente de l'énergie, chauffage localisé et qualité de produit inférieure, a seulement été reconnu récemment.

Pendant des siècles, la patate douce a été une importante plante alimentaire dans différentes parties du monde : notamment en Amérique tropicale, dans les régions tropicales du Pacifique et en Nouvelle Zelande du Nord. Les explorateurs espagnols du début du 16ème siècle transportèrent la plante à la fois vers l'est et vers l'ouest et la disséminèrent en Europe, en Afrique, en Asie du Sud-Est, en Amérique du Nord et en Indonésie.

Les patates douces sont habituellement bouillies, cuites au four, rôties ou frites pour la consommation domestique. C'est seulement dans les première années 1900 que la patate douce commença d'être transformée sous sa forme déshydratée (Ammerman et Edmond, 1971). Aux USA, la production maximum de patates douces déshydratées fut atteinte pendant la Seconde Guerre Mondiale avec 25 millions de kg en 1944. Les flocons précuits de patate douce déshydratée furent fabriques en passant par les étapes suivantes : stockage de la matière première, lavage, préchauffage, épluchage, toilettage, découpage en tranches, blanchiment, réduction en purée, séchage, mouture et emballage. Bien que les patates douces soient aussi commercialisées sous forme de boîtes de conserve ou de produit congelé il est très probable que le séchage s'imposera comme procédé plus économique que la conserve ou le congelé, en raison principalement du problème énergétique.

Une étude de la littérature récente montre que très peu de produits fabriqués à partir de la patate douce existent dans d'autres parties du monde. Aux Philippines, la patate douce et les aracées sont cultivées et consommées par l'homme sur une grande échelle (Villanueva 1979). Les produits

manufacturés à partir de la patate douce sont très rares, ce qui est dû probablement à un marché limité, à la qualité fluctuante, à l'approvisionnement irrégulier et au manque de technologie de fabrication appropriée pour les opérations à petite et à grande échelle.

En Papouasie Nouvelle Guinée, la patate douce est transformée en « riz kaukau », par écrasement au rouleau, déchiquetage et séchage à l'air chaud des racines (Siki 1979). Elle est cuite et consommée suivant les memes procédés que pour le riz. Les chips de patate douce frits dans l'huile y sont aussi préparés de façon expérimentale. Les chips de patate douce séchées au soleil sont essentiellement utilisés pour nourrir les porcs et la volaille.

A Taiwan, 25 % de la population seulement consomme régulièrement de la patate douce (Calkins 1979), et principalement sous forme bouillie. On tire aussi de l'amidon de la patate douce mais celle-ci ne peut concurrencer la pomme de terre ou le manioc dans ce domaine. Elle est aussi utilisée pour l'alimentation des animaux.

La consommation mondiale de patates douces paraît décliner. Pour améliorer sa stabilité en conservation et son utilisation, il conviendrait de mettre au point des méthodes de transformation pratiques et économiques, pour transformer la patate douce en un produit de qualité. La déshydratation solaire pourrait être l'une de ces méthodes.

Dans une étude récemment réalisée à l'Université d'Hawaï à Manoa, la patate douce a été l'une des plantes fruitières et à racine tropicales sous-exploitées à être séchées dans un déshydrateur combiné de mode solaire. Les objectifs de l'étude étaient de conserver l'énergie traditionnelle, d'améliorer la qualité et la rentabilité des aliments séchés au soleil, et de faire progresser la technologie de la déshydratation solaire.

EXPERIMENTATION

Le déshydratateur solaire — conception et construction

Le déshydratateur solaire a été conçu et construit selon un mode combiné, ou mode mixte. Un collecteur solaire séparable fournit l'air chauffé par le soleil qui constitue l'énergie thermique pour

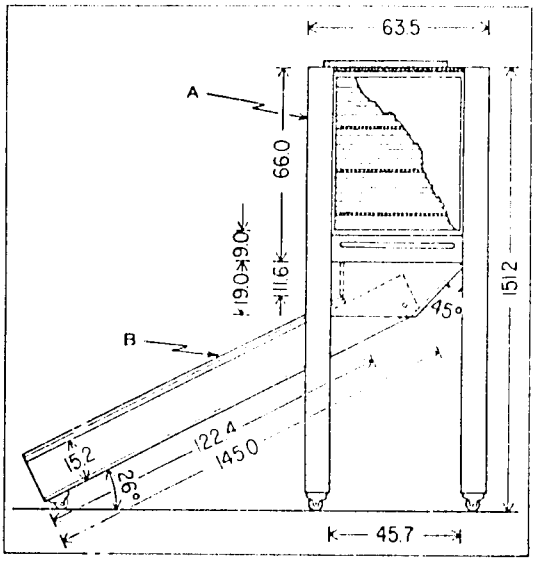


Figure 1. Vue du côté du déshydrateur solaire en mode combiné avec les dimensions en cm. A est le déshydrateur et B le collecteur solaire.

le séchage dans le mode indirect. Dans le mode direct, il fonctionne avec l'énergie solaire radiante absorbée dans la chambre de séchage. Par conséquent, ce déshydrateur solaire s'applique à trois modes de séchage : direct, indirect, et direct et indirect combinés. La Figure 1 donne une vue de côté et les dimensions du séchoir, tandis que la Figure 2 donne une vue de la chambre de séchage démontée sur un côté.

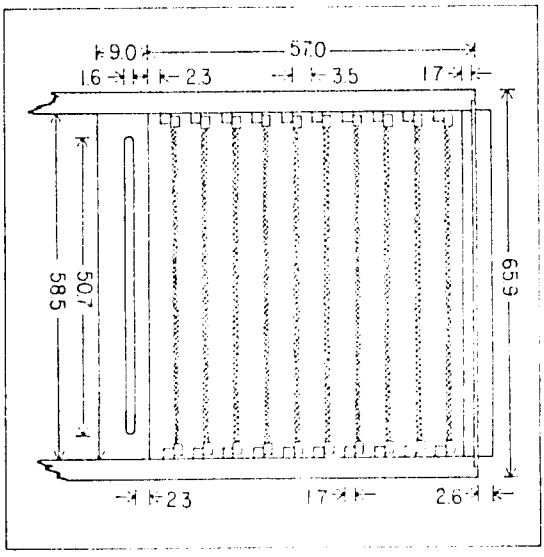


Figure 2. Vue de la chambre de séchage démontée sur un côté, du déshydrateur solaire en mode combiné avec les dimensions en cm.

Les matériaux de construction de base sont le contre-plaqué et le bois. La chambre de séchage se caractérise par des panneaux coulissants sur ses quatre côtés permettant un choix de différents matériaux de construction pour comparer les taux de séchage et pour essayer différentes manières d'opérer. Des panneaux en treillis d'aluminium, des feuilles d'aluminium peintes en noir et du plastique clair (acrylique) ont été respectivement utilisés pour les modes direct, indirect et combiné. Le toit de la chambre est équipé d'un panneau amovible similaire à ceux des côtés et laissant un espace d'environ 3 cm de large sur le côté arrière (opposé à l'entrée du collecteur) pour la circulation d'air quand le mode indirect ou combiné est utilisé. La circulation de l'air se fait par convection naturelle.

Le déshydrateur solaire en mode combiné a été construit en double exemplaire pour permettre la comparaison directe de différents modes de séchage dans les mêmes conditions atmosphériques et d'ensoleillement.

La déshydratation solaire de la patate douce

Préparation des échantillons : des échantillons de patate douce (Hawai N° 1 1ère qualité) ont été préparés par lavage, cuisson à l'ébullition, épluchage, toilettage et découpage en tranches de 6 × 80 × 20 mm chacune. Les tranches ont été ensuite plongées dans une solution à 2 % de métabisulfite de sodium pendant deux minutes pour réduire la décoloration.

Mesure des conditions climatiques, de la température et de la radiation solaire : dans le séchage solaire et ses applications, le facteur le plus variable et imprévisible est le temps. Une journée complètement claire et ensoleillée réunit les conditions idéales pour la déshydratation solaire. Le plus souvent, cependant, les conditions ne sont pas idéales. L'énergie solaire disponible à un endroit et un jour donnés peut changer d'une heure à l'autre.

Le climat à Hawaï est certes moins changeant que dans beaucoup d'autres parties du monde, mais il varie tout de même lui-aussi. Le campus de l'Université de Hawaï, où nos expériences ont été réalisées, est situé dans la Manoa Valley (Honolulu), où la couverture du ciel, les pluies et l'ensoleillement fluctuent. Heureusement, le type de construction du déshydrateur protège des pluies soudaines, les échantillons situés à l'intérieur.

Un hygrothermographe a été utilisé pour contrôler la température de l'air ambiant et l'humidité relative (Bendix Corp. Baltimore, MD. USA). La température en différents points du séchoir a été mesurée à l'aide de thermocouples cuivre-constantan, et enregistrée par un enregistreur potentiométrique à 12-point (Honeywell, Philadelphie, USA). Sur place, la radiation solaire directe était mesurée à l'aide d'un pyranomètre blanc et noir Eppley avec enregistreur (Eppley, Newport, Rhode Island, USA)

Mesures des taux de séchage : le taux de séchage des divers échantillons séchés par différents traitements de déshydratation a été mesuré par la méthode gravimétrique. On a placé une simple couche de tranches de patate douce sur le treillis de séchage, ce qui donnait une densité de chargement de 6.4 ± 0.4 kg m⁻²

Utilisation d'air asséché pour la déshydratation solaire

Il est généralement admis qu'en abaissant l'humidité relative de l'air à l'intérieur d'un séchoir, il est possible d'augmenter le taux de séchage en provoquant un gradient de pression de vapeur plus élevé entre l'eau de l'aliment et la vapeur d'eau de l'air et, par conséquent, une force motrice plus élevée pour la transformation en vapeur. Cette partie de l'expérimentation a étudié l'utilisation d'air asséché dans le déshydrateur solaire

Préparation des échantillons : des échantillons de patate douce (Hawai N° 1 1ère qualité) ont été préparés par lavage, blanchiment dans l'eau bouillante pendant 30 minutes et découpage en tranches de 5 × 5 × 30 mm chacune. Le blanchiment est une autre pratique admise pour minimiser le brunissement de la patate douce

Système de séchage avec ou sans air asséché : quand le déshydrateur solaire décrit plus haut fonctionnait selon le mode combiné, il servait d'essai témoin pour la comparaison des taux de séchage solaire et la détermination des avantages de l'utilisation d'un air asséché pour la déshydratation solaire

Une modification a été apportée au système de séchage solaire pour fournir de l'air comprimé ayant été asséché dans une colonne de silicagel avant d'être admis dans le collecteur solaire pour le séchage d'échantillons de patate douce. L'air a été forcé au travers de la colonne de silicagel par un compresseur d'air de 1,5 CV. La vitesse de l'air dans les deux chambres de séchage était mesurée par un anémomètre à fil chaud (Alnor, Niles, Il, USA).

Mesure du taux de séchage : le taux de séchage solaire d'échantillons de patate douce a été mesuré, dans les deux systèmes, par la méthode gravimétrique. La densité de chargement était environ de 3,5 ± 0,3 kg m⁻²

Le procédé « Osmosol » de séchage de la patate douce

Définition du procédé Osmosol : c'est un procédé à deux étapes mettant en œuvre a) l'extraction de l'eau d'un aliment dans un sirop concentré (normalement environ 60-65° Brix) pendant 4 à 6 h ; b) le transfert de l'aliment à un déshydrateur solaire pour achever le séchage. Le procédé « osmovac » en est une variante (Pontiny *et al.* 1966 ; Farkas et Lazar 1969 ; Moy *et al.* 1977 a, 1979) dans

lequel la deuxième étape est effectuée *in vacuo*. Les essais préliminaires ont montré que l'étape du séchage sous vide n'était pas nécessaire, et que la qualité des échantillons séchés par osmosol était très bonne. Un diagramme schématique du procédé est présenté à la Figure 3.

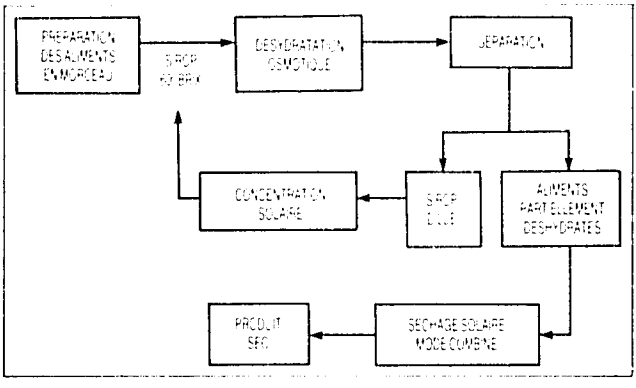


Figure 3. Diagramme schématique du procédé osmosol

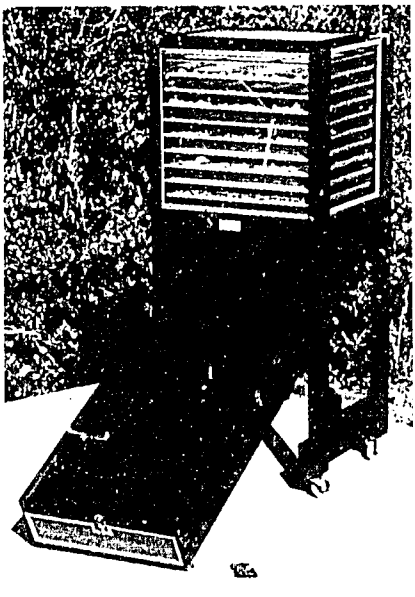


Figure 4. Photo d'un déshydrateur solaire mode combiné utilisé dans les essais de séchage au soleil.

Essais de séchage osmosol : des échantillons de patate douce (Hawaï N° 1 1ère qualité) ont été préparés de la même façon que pour le séchage solaire direct, indirect ou en mode combiné, excepté que les échantillons ont tout d'abord été placés dans quatre récipients osmotiques contenant un sirop à 65° Brix recirculant pendant 4 h. Les échantillons ont ensuite été retirés du sirop, rincés rapidement à l'eau froide, plongés dans une solution de métabisulfite de sodium à 2%

pendant deux minutes, égouttés et ensuite chargés sur des plateaux à treillis à raison d'environ 6,0 ± 0,4 kg/m² pour le séchage solaire en mode combiné.

Cette expérimentation était exploratoire en ce sens que la détermination des taux de séchage n'a pas été répétée et que la qualité a été évaluée seulement de manière informelle par un jury de dégustation.

RESULTATS ET DISCUSSION

Performances du déshydrateur solaire

Dans la chambre de séchage solaire se trouvent dix étagères mesurant 42 × 44 cm chacune. La surface totale disponible pour la deshydratation solaire est de 1,85 m². Avec les densités de chargement utilisées dans les différents essais, la capacité du déshydrateur est de 6,5 à 12 kg par chargement. Ceci n'a pas été appliqué dans les essais réels car de grosses quantités de matériel auraient été nécessaires pour chacun d'eux et ceci était impossible pour cause de temps et de logistique. Les résultats expérimentaux rapportés ici concernent donc seulement un chargement partiel de déshydrateur solaire.

Par convection naturelle, l'air ambiant entre dans le collecteur solaire et est chauffé deux fois - dans le collecteur et de nouveau, dans la chmabre solaire lorsque l'on opère en mode combiné. Il était tout à fait évident que l'air était davantage chauffé dans le mode combiné que dans le mode soit direct soit indirect. Les mesures de température au centre géométrique de la chambre de séchage, dans le mode combiné, au cours d'une journée normale, ont montré que l'air était chauffé à 40 °C à 10 h, qu'il atteignait un maximum de 54 °C entre 12 h et 13 h, et que vers 16 h, il était redescendu à 44 °C. En comparaison, à ces mêmes heures, la température de l'air ambiant était de 29 °C, 32 °C et 30 °C. L'ensoleillement varie chaque jour et chaque mois. La moyenne la plus élevée s'observe en septembre, 632 cal cm² jour; la plus faible en décembre-janvier, 320-370 cal cm² jour. Ces lectures obtenues au cours de la période de mai à septembre étaient comparables à celles mesurées dans d'autres localités des USA comme Miami (Floride) et Charleston, (Caroline du Sud), mais moins élevées que celles de Albuquerque (Nouveau Mexique) et El Paso (Texas) (Lof *et al.* 1966).

La Figure 4 montre le déshydrateur solaire en mode combiné construit. Le plan central du collecteur solaire est fait d'un morceau de tôle de cuivre ondulée peinte en noir, servant d'absorbeur de chaleur solaire. D'autres métaux peuvent également être utilisés tels que le fer galvanisé, mais le cuivre a une conductivité thermique deux à sept fois plus élevée que les autres métaux communément disponibles pour les applications industrielles. L'efficience du collecteur pourrait également être accrue en ajoutant un collecteur de forme triangulaire de chaque côté, ou en ajoutant des ailettes au plateau de cuivre.

Un problème commun qui se pose dans le séchage solaire est l'interruption de séchage causé par la nébulosité, la pluie et la tombée du jour. Un radiateur électrique pourrait être installé pour fournir l'énergie thermique nécessaire à la poursuite du séchage. Ce n'est pas toujours pratique et va à l'encontre de l'idée visant à conserver l'énergie traditionnelle. Un bon substitut au radiateur électrique dans ce cas pourrait être l'utilisation du biogaz pour augmenter le séchage solaire et en particulier la fabrication de biogaz à partir des déchets de fruits et légumes.

Déshydratation solaire de la patate douce

Les résultats du séchage de tranches de patate douce cuites de 6 mm d'épaisseur selon les trois modes de déshydratation solaire sont donnés à la Figure 5. Représenté par le composé des

données de taux de séchage de 2-3 jours, le mode indirect de déshydratation solaire s'est montré le moins efficient des trois. Ceci, parce que l'énergie thermique nécessaire au séchage provenait principalement de l'air chauffé par le collecteur solaire. Le déshydratateur solaire à mode combiné s'est montré le plus efficient des trois modes. Il utilisait, pour sécher les échantillons, à la fois l'énergie radiante directe du soleil dans la chambre de séchage et l'air chauffé par le soleil du collecteur. L'efficience du séchage solaire en mode direct se situait entre celle du mode indirect et celle du mode combiné.

Ces résultats concordent avec ceux des anciennes études sur le séchage solaire menées sur le taro cru et les tranches de patates douces crues en termes de taux de séchage pour les trois modes de séchage (Moy *et al.* 1977 b, 1980 a). Les taux de séchage du taro et des tranches de patate douce crus étaient plus élevés que ceux des tranches de patate douce cuites. Ceci était dû aux modifications intervenues dans la structure chimique des deux formes de racines, non cuites et cuites. En effet, l'amidon des tranches cuites se gélatinise pendant la cuisson et il faut enlever de l'eau d'une structure plus agglomérée.

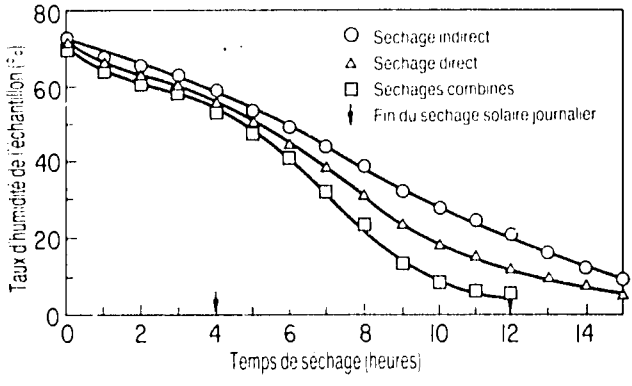


Figure 5. Taux de séchage de tranches de patate douce cuites, de 6 mm d'épaisseur, suivant trois modes de séchage solaire à la densité de chargement de 6,4 kg m⁻².

Il est logique (mais pas toujours compatible avec les techniques disponibles) que les formes de patate douce à déshydrater soient en rapport avec les formes que la population préfère consommer. Si elle est servie à table, elle devrait probablement se présenter sous la forme de gros morceaux. Alors que cette présentation est possible sous forme de conserve ou de produit congelé, il n'est pas pratique de déshydrater la patate douce sous cette forme, à cause de l'épaisseur exigée. Il existe une autre présentation commerciale qui implique le séchage au tambour de flocons de patate douce. Si on les réhydrate, on obtient de la purée de patate douce. Mais cette préparation a probablement peu d'attrait.

Comme préparations qui conviennent au séchage, il reste donc les tranches, les dés et les cossettes. Les tranches ou cossettes crues peuvent être facilement séchées au soleil, puis réduites en farine. Cette farine peut être à nouveau conditionnée sous des formes ressemblant au riz, aux nouilles et aux macaronis. Aucun travail n'a été réalisé dans ce domaine, excepté sur le taro en Papouasie Nouvelle-Guinée, mentionnée précédemment (Moy *et al.* 1980 b). Le potentiel de ce type de préparation devrait être étudié.

Les tranches de patates douces cuites, séchées au soleil et préparées pour la présente étude peuvent être utilisées comme casse-croûte et commercialisées dans la même catégorie que les

fruits secs. Certains des échantillons expérimentaux étaient tout à fait acceptables à en juger par les conclusions d'un jury officieux d'appréciation du goût. La couleur et la texture des patates douces séchées au soleil pourraient être améliorées pour minimiser le brunissement et le durcissement. Des études sur les qualités chimiques et organoleptiques et sur la stabilité en conservation des patates douces deshydratees au soleil sont en cours.

L'assèchement de l'air dans la déshydratation solaire

Les taux de séchage des patates douces dans le déshydrateur solaire en mode combiné ont été comparés avec ou sans assèchement de l'air. La Figure 6 montre que, en termes d'humidité restant dans l'échantillon comparée au temps de séchage, l'utilisation d'air asséché augmente les taux de séchage d'environ 6-8 %. Le taux de séchage plus élevé commençait après la première heure, jusqu'à ce que la teneur en humidité des échantillons blanchis soit descendue à environ 20 %. Une faible différence dans les taux de séchage a été observée dans la première période du séchage à la fin de laquelle l'humidité finale était tombée à environ 10 %. Les résultats ont également montré qu'il fallait environ le même laps de temps pour éliminer les 10 % d'humidité suivant les 55 % d'humidité des échantillons séchés en premier. Tel est le cas pour un certain nombre de procédés de séchage incluant le séchage sous vide et le séchage par lyophilisation. L'emploi d'air asséché n'est pas considéré comme suffisamment efficient. Dans le cas du séchage solaire de patates douces, les variables étaient la quantité de chaleur transférée de la radiation solaire au système de séchage, la taille et la forme des échantillons, les densités de chargement et l'humidité relative de l'air en relation avec le chauffage subi par celui-ci.

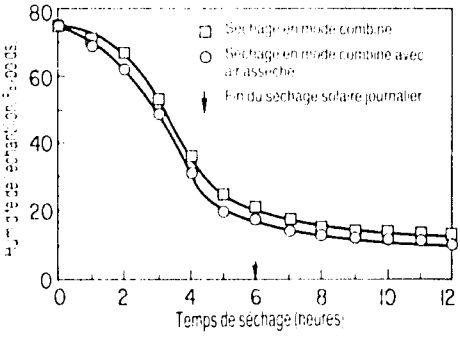


Figure 6 Taux de séchage de patates douces blanchies (5 × 5 × 30 mm) à une densité de chargement de 6,9 kg/m² dans le séchage solaire en mode combiné avec ou sans utilisation d'air asséché.

Au cours de ces essais, la différence relative des pourcentages d'humidité entre l'utilisation et la non-utilisation d'air asséché était d'environ 10 à 12 % pendant la plus grande partie de la période de séchage. La température dans le système utilisant de l'air asséché était de 5° à 7 °C plus élevée que dans celui sans air asséché. Ce phénomène peut probablement être attribué à la vitesse de l'air plus faible dans le séchoir utilisant de l'air asséché, 3,8 m/sec contre 5,0 m/sec dans le système sans air asséché. Par conséquent la contribution à l'augmentation du taux de séchage par l'intermédiaire d'une humidité relative plus basse obtenue par l'utilisation d'air asséché a été qualifiée de non significative.

La qualité des échantillons de patates douces séchées au soleil avec et sans air asséché étaient tout à fait acceptables. Toutefois, à la suite d'une conservation de six mois dans des récipients en verre, les échantillons ont peu à peu bruni.

L'adjonction d'air asséché au système de déshydratation solaire exige l'emploi d'une quantité d'agent déshydratant comme le silicagel, et la dépense d'une certaine quantité d'énergie thermi-

que pour le régénérer fréquemment. Bien que la régénération de l'agent dessicateur soit possible en utilisant l'énergie solaire, cette technologie n'est pas encore disponible. Compte tenu du surcroît de dépenses entraîné par l'emploi d'air asséché, celui-ci n'est pas jugé rentable pour l'instant.

Résultats du procédé osmosol

Des échantillons de patate douce de la même taille que ceux utilisés pour la déshydratation solaire en mode combiné (6 × 80 × 20 mm) ont été tout d'abord déshydratés pendant 4 h dans un sirop à 65° Brix, en circuit de recyclage, puis placés dans le déshydrateur solaire en mode combiné pour la seconde phase du séchage jusqu'à ce que l'humidité finale soit d'environ 8-10 % du poids frais.

La saveur, la couleur et la texture des échantillons séchés par le procédé osmosol étaient tout à fait satisfaisants, à en juger par les appréciations formulées par un jury de dégustation informel. Excepté pour la légère augmentation du goût sucré, la qualité globale et l'acceptabilité sont, d'une façon générale, aussi bonnes, voire même meilleures que celles obtenues par le séchage solaire en mode combiné.

Les problèmes suscités par ce procédé sont le temps, la main d'œuvre et les frais supplémentaires exigés par l'étape de déshydratation osmotique. Mais, comparée à la méthode classique de préparation des fruits glacés, qui prend de nombreuses heures de cuisson des fruits dans le sirop, l'opération osmotique de 4 h incluse dans cette expérimentation semble tout à fait acceptable. Une étude de faisabilité économique pour la fabrication de fruits tropicaux séchés par le procédé osmovac, effectuée par Moy et Spielman (1980) l'a jugé économiquement viable et concurrentielle par rapport à d'autres fruits séchés, non glacés, tels que les pêches, les prunes, les abricots secs, etc.

Etant donné que le procédé osmosol est plus économique que le procédé osmovac, du fait que la déshydratation solaire est moins chère que le séchage sous vide, le potentiel du premier mérite de plus amples recherches.

CONCLUSION

Les résultats obtenus en expérimentant plusieurs méthodes de déshydratation solaire des patates douces ont conduit aux conclusions suivantes :

1. Le déshydrateur solaire en mode combiné est efficient et économique pour une production de qualité de tranches déshydratées de patates douces et d'autres plantes exploitées pour leurs racines. 2. L'assèchement de l'air préalablement à la déshydratation solaire n'amène pas une augmentation significative du taux de séchage et est jugé, provisoirement, anti-économique. 3. La déshydratation par le procédé osmosol est capable de produire des tranches de patate douce de bonne qualité. Ses applications potentielles justifient de plus amples recherches. 4. Il conviendrait d'encourager et d'appuyer les études conduites sur les qualités chimiques, organoleptiques et sur l'aptitude à la conservation de plusieurs formes intéressantes des patates douces déshydratées.

BIBLIOGRAPHIE

AMMERMAN, R. G. and J. B. EDMOND. 1971. Dehydrating sweet potatoes. *In* J. B. Edmond (ed) Sweet potatoes: Production, Processing, Marketing. AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut, USA. p. 283-293.

CALKINS, P. H. 1979. Production, distribution and final uses of sweet potato. *In* D. Plucknett (ed) Small-Scale Processing and Storage of Tropical Root Crop. Westview Press, Boulder, Colorado, USA. p. 397-419.

FARKAS, D. F. and M. E. LAZAR. 1969. Osmotic dehydration of apple pieces. Food Technol. 23 (5) : 90-92.

LF, G. O. G., J. A. DUFFIE and C. O. SMITH. 1966. World distribution of solar radiation. Engg. Expt. Sta. Report. No. 21. University of Wisconsin, Madison.

MOY, J. H., J. M. MILLAR, W. K. NIP, J. C. S. CHOU, W. BACHMAN, W. Y. J. TSAI, J. L. KUO and R. AGSALDA. 1977 a. Air drying, freeze drying and osmovac-dehydration of foods with solar energy. Ann. Report to U. S. Dept. of Energy and U. S. D. A. CRIS. 7(92-20510-008-A. University of Hawaii, Honolulu. 88 pp.

MOY, J. H., N. T. S. WANG and T. O. M. NAKAYAMA. 1977 b. Dehydration and processing problems of taro. J. Food Sci. 42 (4) : 917-920.

MOY, J. H., W. K. NIP, J. M. MILLAR and J. L. KUO. 1979. Direct radiant drying, air drying and osmovac-desydration of foods with solar energy. Final Report to U. S. Dept. of Energy and U. S. D. A. CRIS: 7092-20510-008-A. University of Hawaii, Honolulu. 57 pp.

MOY, J. H., W. BACHMAN, and W. Y. J. TSAI. 1980 a. Solar drying of taro roots. Trans. Amer. Soc. Agric. Engr. 32 (1) : 242-246.

MOY, J. H., W. K. NIP, W. Y. J. TSAI, A. O. LAI, and T. O. M. NAKAYAMA. 1980 b. Development of extruded taro products. J. Food Sci. 45 (3) : 652-655.

MOY, J. H. and H. SPIELMANN. 1980. Economic feasibility studies. 1. Vacuumpuff freeze drying of tropical fruit juice products. 2. Osmovac-dehydration of piece-form tropical fruits. Res. Bull. 183. University of Hawaii, Hawaii, Honolulu. 86 pp. (in press)

PONTING, J. D., G. G. WATTERS, R. R. FOREY, R. JACKSON, and W. L. STANLEY. 1966. Osmotic dehydration of fruits. Food Technol. 20 (10) : 125-129.

SIKI, B. F. 1979. Processing and storage of root crop in Papua New Guinea. *In* D. Plucknett, (ed) Small-Scale Processing and Storage of Tropical Root Crops. Westview Press, Boulder, Colorado, USA. p. 64-82.

VILLANUEVA, M. R. 1979. Processing and storage of sweet potato and aroids in the Philippines. *In* D. Plucknett, (ed) Small-Scale Processing and Storage of Tropical Root Crops. Westview Press, Boulder, Colorado, USA. p. 83-89.

LA PATATE DOUCE POUR LA PRODUCTION DE VIANDE BOVINE: ASPECTS DE L'AGRONOMIE ET DE LA CONSERVATION ET REACTIONS ANIMALES

M. E. RUIZ
Centre de Recherche Agronomique Tropicale et de Formation (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

INTRODUCTION

Traditionnellement, la patate douce (*Ipomoea batatas* (L) Lam) a été cultivée pour sa production de racines, les parties aériennes étant considérées comme un résidu. La valeur des racines repose sur leur contenu énergétique élevé (2,6 Mcal d'énergie métamolisable/kg de matière sèche (MS), d'après McDowell *et al.* 1974); mais sa teneur en protéine brute n'est que de 3,4 % (Backer 1976). La partie aérienne est habituellement laissée sur le champ. On sait que les animaux peuvent consommer les feuilles de patate douce, mais peu d'informations existent sur leurs caractéristiques nutritionnelles.

Une idée, exploitée par les chercheurs en Amérique tropicale concerne la mise au point de nouveaux systèmes de nutrition animale pour le petit agriculteur en utilisant les résidus de récolte et même la biomasse de la plante entière comme base du système. Etant donné la popularité des patates douces auprès des agriculteurs d'Amérique Centrale, elles sont une des principales plantes étudiées dans ce contexte.

Cette communication traite des modifications en termes de gestion agricole, prenant en compte la nécessité de produire du feuillage comme source de ballast et de protéine pour les ruminants. De même, les caractéristiques de l'ensilage du feuillage et des racines sont examinées, car une culture entière est habituellement récoltée en une fois et l'utilisation de ses résidus échelonnée sur une période de temps prolongée exige des mesures conservatoires. Enfin, les données de digestion, de consommation et d'absorption/production ainsi qu'un modèle de production animale basé sur ces aspects seront présentés pour donner une idée du potentiel de la patate douce en tant que plante à double-fins: comme un pourvoyeur direct de nourriture pour l'homme, et pour le bétail, dont la production, lait ou viande, est utilisée par l'homme comme source majeure de protéine de haute qualité.

ASPECTS AGRONOMIQUES

Densité de plantation

Le potentiel productif des racines de patate douce, dans les conditions de Costa Rica, et avec certaines variétés, peut atteindre jusqu'à 25 t/ha/récolte (Zumbado 1967; Mora-Vargas 1969; Pinchinat 1974). Habitueilement, la distance de plantation était de 50 cm entre les plants et de 1 m entre les lignes (Pinchinat 1974). Très peu d'études ont été faites sur la densité de plantation mais

celles-ci ont montré que la diminution de la distance entre les plants entraînait une diminution du rendement en racines (Mandal *et al.* 1971) et une augmentation du rendement en feuillage (Gamboa 1962).

Pour examiner l'effet des différentes densités de plantation sur la production de feuillage et de racines, et sur la composition chimique et la digestibilité du feuillage, Ruiz *et al.* (1980) ont comparé quatre distances de plantation : 10, 20, 30 et 40 cm entre plants (en maintenant 50 cm entre les lignes de façon constante) pour deux variétés de patate douce, C-15, utilisée couramment à Costa Rica, et C-1 Asbana qui a été introduite à Costa Rica en provenance de Taiwan et qui est caractérisée par un cycle végétatif plus court (Entretien personnel avec Roger Meneses, CATIE).

Le Tableau 1 donne les résultats de production de feuillage, à la fin du cycle végétatif (165 jours pour la variété C-15 et 131 jours pour la variété C-1).

Du Tableau 1, il ressort clairement que le rendement total en feuillage de C-15 dépasse celui de C-1 de 39 %. Cependant, cette comparaison est faussée car la variété C-1 a un cycle végétatif beaucoup plus court ; c'est pourquoi le taux de croissance de la partie aérienne offre une base de comparaison plus appropriée. A cet égard, bien que la variété C-15 soit toujours quelque peu supérieure (10 %), la différence entre les deux variétés n'est pas significative.

Tableau 1. Rendement total et taux de croissance du feuillage de la patate douce (Ruiz *et al.* 1980)

Variable	Densité moyenne plants/ha	Rendement kg MS/ha/culture	Taux de croissance kg MS/ha/jour
Variété			
C-15	104.000	5.979	36,2
C-1	104.000	4.305	32,9
Distance entre les plants			
10 cm	200.000	4.779	32,3
20 cm	100.000	5.090	34,5
30 cm	67.000	5.254	35,5
40 cm	50.000	5.222	35,3

Les différentes distances entre plants n'entraînent pas de différences significatives pour le rendement en feuillage. Le rendement des parcelles où la distance entre plants était plus conforme à la plantation commerciale (40 cm), était aussi élevé, voire même supérieur aux rendements des parcelles plantées plus denses. La teneur en matière sèche (MS) du feuillage, au moment de la récolte, était, en moyenne, de 14,6 % avec très peu de variation ; autrement dit, le rendement en frais était approximativement de 36 t/ha/culture. Il est intéressant de noter que le taux de croissance de la partie aérienne (32,3 à 35,5 kg MS/ha/jour) est supérieur à celui observé chez les gazons naturels (Gonzalez 1979), similaire à celui des associations graminées-légumineuses (Coimbra 1979), mais légèrement inférieur aux pâturages fertilisés (Rocha 1978), toutes ces comparaisons étant faites à partir des résultats obtenus des stations expérimentales du CATIE au Costa Rica.

En ce qui concerne le rendement en racines, aucune différence significative n'est observée lorsque l'on fait varier la distance entre plants (Ruiz *et al.* 1980), la production moyenne étant 3409 kg MS/ha/culture. La teneur moyenne en MS des racines est 30,1 % (Backer *et al.* 1980).

Il semblerait donc que la densité de plantation n'a pas d'effet significatif, ni sur le rendement en feuillage ni sur celui en racines, ce qui s'oppose aux résultats de Mandal *et al.* (1971) et de Gamboa (1962). Il est remarquable que le feuillage soit produit aux niveaux mentionnés ; cela

signifie que dans certaines régions tropicales, où deux récoltes de patates douces peuvent être obtenues par an, il est possible de récolter jusqu'à 70 t/ha de matériel frais. En ce qui concerne la production de racines, le rendement n'est pas élevé (11 t/ha/culture), si on le compare à d'autres résultats expérimentaux, par exemple à celui de Mora-Vargas (1969) qui a obtenu 34 t/ha de racines fraîches.

Fréquence et intensité de la taille

Le travail de Ruiz *et al.* (1980) comprenait l'étude des effets de la taille des tiges de la patate douce sur le rendement des parties aériennes et des racines. Au Tableau 2, il est visible que la taille de la plupart des tiges (N'en laissant qu'une ou deux par plant) augmente de façon significative le rendement et le taux de croissance de la partie aérienne. De même, le fait de laisser une tige ou deux apparaît sans conséquence puisque les rendements en feuillage étaient identiques dans les deux traitements.

Tableau 2. Effet de la fréquence et de l'intensité de la taille sur le rendement en feuillage et en racines (Ruiz *et al.* 1980)

Variables	Feuillage[z]		Racine[z]
	Rendement kg MS/ha/culture	Taux de croissance kg MS/ha/jour	Rendement kg MS/ha/culture
Nombre de tailles			
Une (seulement à la récolte)	4.136 a	27.9 a	5,634 a
Deux (deux mois après la plantation et à la récolte)	5.212 b	35.2 b	3,706 b
Trois (deux et trois mois après la plantation et à la récolte)	4.845 b	32.7 b	3,409 b
Intensité de la taille			
Laisser une tige	5.035 a	34.0 a	3,416 a
Laisser deux tiges	5.250 a	35.5 a	3,699 a

[z] Les nombres suivis de lettres différentes sont significativement différents ($P < 0.05$)

Par contre, la taille a eu un effet négatif ($P < 0,05$) sur le rendement en racines. Autrement dit, la production de feuillage plus importante induite par la taille s'est faite aux dépens du rendement en racines, probablement parce que la réduction de la surface foliaire avait pour résultat une utilisation plus faible de l'énergie solaire pour le développement racinaire (Lizarraga 1976) ou parce que la régénération de la partie aérienne soutirait l'énergie stockée dans les racines. De toute façon, les résultats obtenus donnent la possibilité de aérer la culture de façon à augmenter le rendement foliaire (protéine) aux dépens des racines (énergie) vice versa, en fonction des objectifs poursuivis.

Meyreles et Preston (1979) ont commencé par tailler à trois mois après la plantation et, plus tard, ont comparé des coupes faites toutes les 4, 6, 8 ou 10 semaines. Toutes les coupes étaient complètes, c'est-à-dire qu'aucune tige n'était laissée sur le sol. Ils ont obtenu respectivement des rendements de 88, 121, 108 et 122 t de matériel frais/ha sur une base annuelle ; cependant, la proportion de feuilles dans le matériel coupé diminuait quand l'intervalle de la coupe augmentait, et les auteurs ont conclu qu'un intervalle de six semaines entre les coupes était optimum. Malheureusement, aucune donnée sur la production racinaire n'a été fournie.

COMPOSITION CHIMIQUE ET DIGESTIBILITE

On peut s'attendre à ce que des différences de teneur en protéine brute existent entre les variétés, à en juger d'après les résultats présentés au Tableau 3 (Ruiz *et al.* 1980). La supériorité de C-1 sur C-15 est très évidente quoique les deux variétés aient reçu les mêmes quantités d'éléments nutritifs (125, 130 et 48 kg de NPK/ha). Aucune différence due à la variété n'a été observée, hormis l'effet sur la protéine brute.

Au Tableau 3, on peut voir aussi que si la partie aérienne est coupée, à deux ou à trois mois après la plantation, la teneur en protéine du feuillage est toujours plus élevée, approchant la valeur de 20 % en sec, comparée aux valeurs trouvées à la fin de la période de culture.

La distance de plantation et l'intensité de la taille n'altèrent pas la teneur en protéine brute, ni au moment de la taille ni à la fin de la période de culture. Comme prévu, si le matériel est coupé à trois mois, sa teneur en protéine est plus basse que s'il est coupé à deux mois ($P < 0,05$).

Un résultat frappant du Tableau 3 est celui qui a trait aux données de digestibilité *in vitro*. La procédure utilisée pour la déterminer est la technique à deux phases de Tilley et Terry (1963), qui simule la digestion du rumen et gastrique. Tous les chiffres montrent que les pousses de patate douce sont très digestibles et, de plus, que leur digestibilité ne se modifie pas avec l'âge : la digestibilité de la partie aérienne à l'âge normal de la récolte est semblable à celle de la partie aérienne deux ou trois mois après la plantation.

Tableau 3. La teneur en protéine brute (PB), les constituants de la paroi cellulaire (CPC) et la digestibilité de la matière sèche *in vitro* (DMSIV) du feuillage de la patate douce au moment de la taille (A) et à la récolte (B) (Ruiz *et al.* 1980)

Variable	PB[z] (%)		CPC[z] (%)		DMSIV[z] (%)	
	A	B	A	B	A	B
Variété						
C-15	17.5	12.2 a	28.2	29.7	74.0	72.3
C-1	20.2	17.3	29.3	33.6	80.2	77.2
Distance entre plants						
10 cm	18.2	13.6	28.6	31.8	75.3	75.5
20 cm	18.9	15.6	29.1	31.3	75.3	71.7
30 cm	18.5	15.6	28.9	31.5	71.4	77.4
40 cm	19.9	15.7	29.5	31.5	77.8	75.4
Nombre de tailles						
Une (seulement à la récolte)	20.3 a	14.5	26.0 a	32.0	77.6	74.7
Deux (à deux mois et à la récolte)	17.4 b	15.0	32.0 b	31.0	76.6	75.0
Deux (à trois mois et à la récolte)	–	13.7	–	29.5	–	75.1
Intensité de la taille						
Une tige laissée	18.7	14.6	29.0	31.2	78.2	71.5
Deux tiges laissées	19.0	14.9	29.1	31.8	76.1	74.4

[z] Dans une même colonne des lettres différentes signalent des différences significatives ($P < 0.05$)

CARACTERISTIQUES DE L'ENSILAGE DU FEUILLAGE DE LA PATATE DOUCE

Après la récolte des patates douces, une grande masse de feuillage, constitué de tiges et de feuilles, et une quantité variable de racines non commerciales sont laissés sur le champ. Cer-

taines variétés peuvent être utilisées pour produire deux ou trois récoltes par an, ce qui peut représenter jusqu'à 125 t/an de matériel frais dont 64 % peuvent provenir des parties aériennes (Pinchimat 1974). Les analyses chimiques de la partie aérienne donnent des valeurs de 12 % à 17 % de protéine brute, moins de 18 % de fibres brutes et une digestibilité de MS de plus de 70 % (Ffoulkes *et al.* 1978; Ruiz *et al.* 1980). Cependant, une contrainte majeure de l'utilisation des résidus de patates douces pour l'alimentation des animaux est le fait qu'ils sont produits une fois ou deux fois au plus par an et habituellement à une période où les pâturages sont de toute façon abondants. C'est pourquoi, il est nécessaire de conserver ces matériels ou de planter la culture en bandes à des intervalles de temps appropriés.

L'information qui suit est tirée du travail de Ruiz *et al.* (1981) qui fut réalisé en utilisant des microsilos consistant en sacs plastiques doubles dans lesquels le feuillage de patate douce haché et séché pendant un jour était introduit et emballé avec différents ajouts d'urée et de racines. L'addition d'urée au matériel à ensiler a pour but de favoriser la formation d'acide lactique qui est souhaitable (Lara et Lara 1977) bien qu'il puisse aussi provoquer une augmentation en acide butyrique (Barnett 1957), qui communique une odeur fétide aux ensilages et provoque le rejet par les animaux. L'utilisation d'une source d'hydrates de carbone à fermentation rapide, comme de la mélasse, des grains de céréale ou des racines, favorise la fermentation qui abaisse la pH à un point où l'action bactérienne cesse (Cherry 1970).

Teneur en matières sèches et pertes par putréfaction

La teneur en matières sèches des ensilages de feuillage de patate douce n'est pas modifiée par une addition de racines (jusqu'à 1,2 %) ou d'urée (jusqu'à 1,6 %). La teneur moyenne en MS dans ces ensilages est de 20,4 %, ce qui est plus élevé que la teneur du matériel frais (14,6 %), la différence étant due au fanage de 24 h précédant l'ensilage.

Les pertes de MS par putréfaction ne sont pas modifiées par des additions de racines et atteignent une moyenne de 21,6 % de pertes à un niveau constant d'urée de 0,8 %. Ceci signifie que l'ensilage de pousses de patate douce ne demande aucune addition d'hydrates de carbone à fermentation rapide et que le fourrage est suffisamment fermentiscible. D'autres résultats, dont il sera question plus tard, viennent appuyer cette assertion.

Contrairement à l'effet causé par l'addition de racines, l'addition d'urée augmente la proportion d'ensilage perdu par nourriture ou invasion de moisissures (Figure 1). Sans addition d'urée, moins de 10 % des ensilages étaient perdus, mais les pertes augmentaient de façon exponentielle jusqu'à 28 % avec des additions d'urée.

Cet effet délétère de l'urée l'élimine clairement de toute possibilité d'addition à l'ensilage du feuillage de patate douce. Bien qu'il y ait pénurie d'information sur les causes de cet effet, on peut penser que l'activité microbienne qui règne dans l'ensilage est stimulée par l'effet alcalin de l'urée capable de favoriser une fermentation indésirable provoquée par des clostridia et des moisissures (Britt et Huber 1975).

Acidité

L'effet alcalin de l'urée est clairement démontré à la Figure 2. Il est clair que l'urée a un effet précis sur le pH, et le porte à des valeurs situées entre 6,2 et 7,5, suivant la quantité de racines ajoutée au matériel ensilé. La Figure 2 illustre également le fait que si aucun additif (ni urée ni racines de patate douce) n'est ajouté, un ensilage à base de feuillage de patate douce est suffisamment acide (pH 3,6) pour présenter d'excellentes qualités de conservation, Wilkinson *et al.* (1976). Quand l'urée n'est pas utilisée, ou à des niveaux faibles, l'addition de racines à l'ensilage ne semble pas affecter le pH.

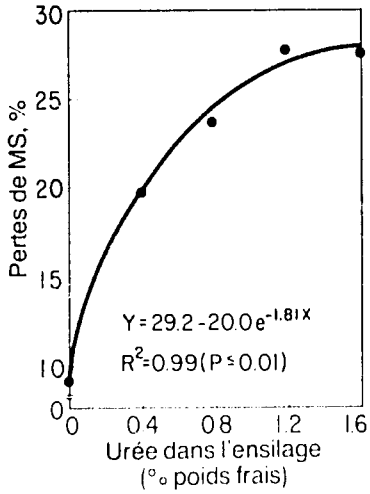


Figure 1. Effet de l'addition d'urée (X) à l'ensilage de feuillage de patate douce sur les pertes par putréfaction (Ruiz *et al.* 1981)

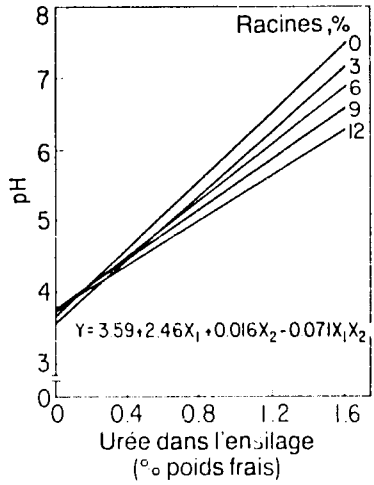


Figure 2. Effet de l'addition d'urée (X1) et de racines (X2) sur le pH d'un ensilage de feuillage de patate douce (Ruiz *et al.* 1981)

Acides organiques : acétate, butyrate et lactate

La teneur en acide lactique des ensilages était très variable et aucune tendance précise n'a pu être détectée en fonction des niveaux d'urée ou de racines. La teneur moyenne en acide lactique était de 2,01 : 2,27 % sur la base des matières sèches.

L'urée ne modifie de façon précise ni l'acide acétique, ni l'acide butyrique ; toutefois, l'addition de racines tendait à augmenter de façon linéaire la concentration de ces acides (Figure 3).

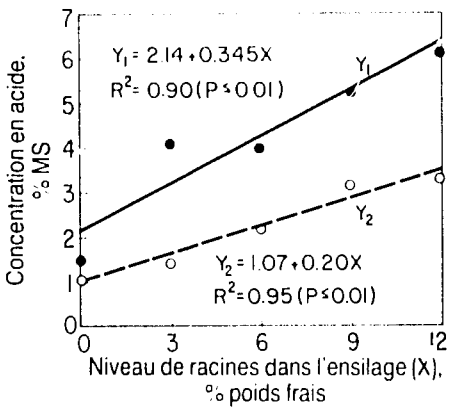


Figure 3. Modifications de la concentration en acide acétique et en acide butyrique de l'ensilage de feuillage de patate douce en fonction des quantités de racines ajoutées (Ruiz *et al.* 1981).

Dans la Figure 3, les pointillés correspondent aux ensilages dans lesquels une moyenne de 0,8 % d'urée était présente. Bien que ceci n'apparaisse pas ici, Ruiz *et al.* (1981) ont relaté que les ensilages qui n'avaient reçu aucun additif contenaient 0,68 % d'acide butyrique, 3,49 % d'acide acétique et 5,21 % d'acide lactique, sur une base sèche, ce qui révèle d'après Barnett (1957), d'excellentes caractéristiques d'ensilage. Ainsi, les chiffres donnés mènent à la conclusion que des ensilages d'excellente qualité peuvent être obtenus avec le feuillage de la patate douce en

l'absence d'additif. Il reste à préciser si ceci reste valable dans des conditions d'ensilage pratiques, sur le terrain ; d'après Moreno (1977), il existe une corrélation positive entre les ensilages de laboratoire et sur le terrain eu égard aux paramètres qualitatifs.

REACTIONS ANIMALES

A partir des informations disponibles sur les caractéristiques qualitatives et quantitatives du feuillage de patate douce, son utilisation en alimentation animale ouvre des possibilités dépassant en valeur celles offertes par les autres matériels des plantes tropicales récemment envisagés. Toujours est-il que pour décider si la patate douce peut jouer un rôle dans certains systèmes améliorés de production animale, il est essentiel d'étudier son acceptabilité par le bétail et son efficience dans la conversion du feuillage et des racines en lait et en viande.

Compte tenu de la manipulation aisée des animaux et des facilités pour la mesure des réactions biologiques, pratiquement toute la recherche sur l'utilisation des patates douces pour l'alimentation du bétail a été faite avec des bœufs.

Absorption volontaire

Malgré la digestibilité élevée (70 %) de la canne à sucre (*Saccharum officinarum*, L), le bétail n'en consomme pas à des niveaux qui appellent des taux élevés de production. Ceci étant, Ffoulkes *et al.* (1978) ont établi qu'en substituant du feuillage de patate douce à la canne à sucre entière hachée en morceaux, on obtenait une augmentation significative de MS totales absorbées (Figure 4).

Etant donné les valeurs similaires de digestibilité des MS pour la canne à sucre et le fourrage de patate douce, la consommation de MS digestible suit le même schéma que la consommation de MS (Figure 4). Ainsi, l'absorption plus élevée signifie une augmentation des protéines vraies présentes dans le fourrage de patate douce (Tableau 4) et une réduction de l'azote non protidique fournie par l'urée (Tableau 4).

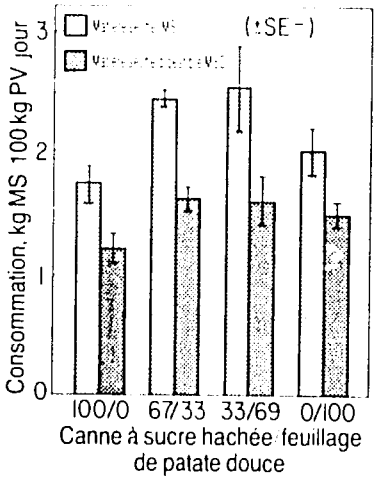


Figure 4. Consommation de matières sèches et de matières sèches digestibles des bœufs nourris par des rations comprenant différentes proportions de canne à sucre hachée et de feuillage de patate douce (Ffoulkes *et al.* 1978).

Au vu de tels changements dans la composition de l'azote alimentaire, Ffoulkes *et al.* (1978) ont suggéré qu'une partie peut-être de la patate douce évitait la fermentation dans le rumen et que, de ce fait, une plus grande quantité de protéine vraie était disponible au niveau intestinal. Ceci

pourrait être le facteur responsable de la stimulation de la consommation d'aliments (Kempton et Leng 1978). Une autre hypothèse est que le fourrage de patate douce favorise peut-être une absorption accrue grâce à une stimulation du fonctionnement du rumen et à une meilleure efficience de la fermentation microbienne. Meña *et al.* (1979) et Gill *et al.* (1980) ont montré que la seconde idée était la plus probable, en établissant que le feuillage de patate douce était dégradé de façon intensive dans le rumen et que sa période de digestion était de 13,3 ± 7,7 heures, contre 40,8 ± 24 heures pour la canne à sucre. Vu ce taux rapide de dégradation dans le rumen, il n'est pas surprenant de constater que le débit du rumen est passé de 40 à 120 litres/jour après avoir ajouté à de la canne à sucre écorcée du fourrage de patate douce (Gill *et al.* 1980). Il semblerait donc que l'augmentation de l'absorption volontaire, observée lorsque du fourrage de patate douce est utilisé comme complément de la canne à sucre, soit due à une stimulation du fonctionnement du rumen et non à une augmentation du flux de protéine alimentaire vers le duodénum.

Tableau 4. Consommation des composants alimentaires et sources d'azote des rations confectionnées avec différentes proportions de canne entière/feuillage de patate douce (Ffoulkes *et al.* 1978)

	Canne à sucre/feuillage de patate douce (état sec)			
	100/0	67/33	33/67	0/100
Absorption de MS, kg/jour				
Total	3,88	5,41	5,70	4,51
Canne à sucre	3,88	3,62	1,88	–
Patate douce	–	1,79	3,82	4,51
Protéine fournie par la patate douce, g/jour	–	370	784	900
Azote fourni par l'urée, g/jour		124	68	–

Taux de croissance des animaux de boucherie

En ce qui concerne la valeur nutritive du feuillage de patate douce pour les animaux de boucherie, Ffoulkes et Preston (1978) ont relaté que de jeunes taureaux d'un poids initial de 216 kg et recevant une ration à base de mélasse/urée grossissaient de 0,570 kg/jour quand la source de ballast était du fourrage de patate douce. Ce résultat s'est encore amélioré de 38 % lorsque de la farine de soja a été ajoutée à la ration (Tableau 5).

A la lumière des résultats présentés au Tableau 5, Ffoulkes et Preston (1978) ont déduit que dans la ration sans farine de soja, le principal facteur limitant n'était pas seulement que la quantité de protéine fournie par la ration était insuffisante (le fourrage de patate douce n'avait été ajouté qu'à concurrence de 5 % du poids corporel) mais qu'elle contenait très peu, voire aucune protéine insoluble dans le rumen. On remédia à cette carence par l'utilisation de farine de soja contenant une forte proportion de protéine échappant à la fermentation dans le rumen.

Pour les rations à base de canne à sucre, le complément de fourrage frais de patate douce (ajouté à raison de 5 % du poids corporel) améliore énormément la ration alimentaire et le gain de poids des jeunes taureaux pesant entre 174 et 194 kg (Meyreles *et al.* 1979). Les principaux résultats de l'expérimentation de ces derniers auteurs (1979) sont repris à la Figure 5.

A la Figure 5, on peut voir que si de la canne à sucre écorcée est donnée aux animaux, soit avec un niveau inférieur d'urée (6 g/kg de canne à sucre fraîche), soit avec un niveau élevé d'urée (25 g/kg de canne à sucre fraîche), l'absorption de MS est plutôt limitée. Toutefois, si du feuillage

Tableau 5. Le gain de poids, la ration alimentaire et la transformation de l'aliment chez de jeunes taureaux nourris d'un mélange mélasse urée, fourrage de patate douce et farine de soja (Ffoulkes et Preston 1978)

Parametres	Farine de soja, g jour	
	0	400
Poids vif, kg		
Initial	217	218
Final	287	316
Gain journalier	0.57	0.78
Ration alimentaire (en frais), kg jour		
Fourrage de patate douce	10.58	11.16
Mélasse de canne à sucre (2.5 % d'urée)	5.82	4.83
Farine de soja	0	0.40
Ration alimentaire (en sec), kg jour		
Fourrage de patate douce	1.45	1.51
Total	4.72	5.28
Indice d'absorption volontaire (kg MS absorbée 100 kg poids vif jour)[z]	1.87	1.98
Transformation de l'aliment (kg MS absorbée kg gain de poids)[y]	8.28	6.74

[z] kg MS ingérée 100 kg PV jour
[y] kg MS ingérée kg gain de poids

de patate douce ou de la farine de graines de coton (750 g jour), ou les deux à la fois, sont utilisés comme suppléments, un accroissement significatif de la consommation se produit. La réaction en gain de poids suit le même schéma, excepté que l'amélioration transmise par les suppléments est plus spectaculaire étant donne que les animaux nourris de canne à sucre urée ne peuvent que maintenir leur poids à un niveau constant. Meyreles *et al.* (1979) soutiennent que les résultats

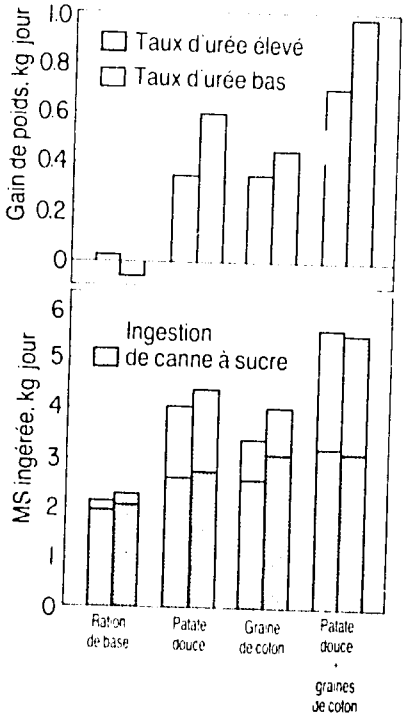


Figure 5. Gain de poids de consommation de rations à base de tiges de canne à sucre écorcées, complétées par du feuillage de patate douce, de la farine de graines de coton et de l'urée à deux niveaux (adpaté de Meyreles *et al.* 1979) (kg/jour).

obtenus sont dus à un stimulus de motilité du rumen (et par conséquent du taux de réapprovisionnement du rumen induit par le fourrage de patate douce qui pourrait avoir comme résultat un flux accru de protéine vers le duodénum. L'effet enregistré avec les graines de coton, pourrait avoir été causé indirectement par le stimulus que la protéine court-circuitant le rumen donne à la consommation volontaire (Kempton *et al.* 1977) qui, à son tour, pourrait augmenter le taux de réapprovisionnement du rumen.

Un certain nombre de chercheurs ont démontré que la consommation volontaire et le gain de poids sont intimement liés ; par exemple, Meyrieles *et al.* (1979), ont lié le gain de poids (GP) à l'indice d'absorption d'aliment (IA) par la fonction linéaire

$$GP = -0{,}875 + 0{,}691\ IA\ (\pm 0{,}063)$$

$$R^2 = 0{,}94\ (Syx = \pm 0{,}088)$$

où GP est donné en kg/jour et IA en kg MS/100 kg de poids vif.

Utilisation intégrale des parties constitutives du plant de patate douce pour l'alimentation animale.

Backer *et al.* (1980) ont adopté une approche qui diffère de celles précédemment passées en revue en cela que la ration entière des bœufs de boucherie était basée sur plusieurs combinaisons de fourrage de patate douce et de racines de rebut ; l'urée était utilisée pour rendre toutes les rations iso-azotées. Le Tableau 6 présente les données de consommation des aliments tandis que la Figure 6 donne les résultats en termes de gain de poids et de transformation des aliments.

Il est évident que les racines, du fait de leur richesse en amidon et en sucres très digestibles, ont un effet positif sur l'absorption d'énergie métabolisable, bien que la consommation totale de MS soit plutôt constante pour tous les traitements et d'un niveau que l'on peut considérer comme adéquat.

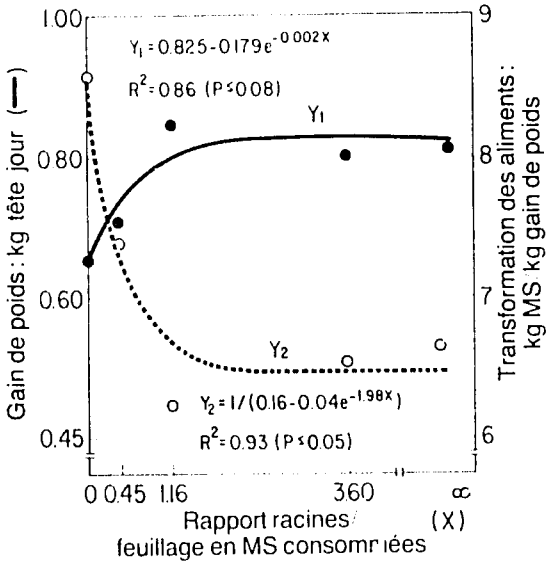


Figure 6. Gain de poids et transformation des aliments pour les animaux nourris avec différentes rations de racines/feuillage de patate douce (adapté de Backer *et al.* 1980).

La réaction en gain de poids (Figure 6) a été parfaitement montrée par une fonction exponentielle permettant de calculer qu'une valeur presque asymptotique était obtenue lorsque les racines et les parties aériennes étaient en proportion presque égale dans la ration.

Tableau 6. Données de consommation des rations basées sur les parties constitutives de la patate douce, données à de jeunes taureaux (Backer *et al* 1980)

Proportion alimentaire racines partie aérienne	Consommation, unités 100 kg de poids vif/jour		
	Matières sèches kg	Protéine brute (N × 6.25) kg	Energie métabolisable [z] Mcal
0 ÷ 100	2.45	0.30	5.05
25 ÷ 75	2.32	0.27	5.19
50 ÷ 50	2.34	0.29	5.53
75 ÷ 25	2.39	0.27	5.74
100 ÷ 0	2.41	0.30	6.34

[z] Calculé d'après Mc Dowell *et al* (1974)

Il est bien connu que toutes les racines récoltées ne peuvent être commercialisées ; au Costa Rica, un minimum de 12 % de la récolte n'est pas apte à la commercialisation. Conservant ce chiffre à l'esprit et les résultats obtenus par Backer *et al.* (1980), il est possible d'envisager une situation où la patate douce serait cultivée essentiellement pour ses utilisations classiques, mais dans laquelle ses résidus, feuillage et racines de rebut seraient donnés aux animaux, complétés de façon judicieuse avec de l'urée, des sels minéraux et des vitamines. Toutes ces données ont été intégrées dans un modèle utilisant les indices économiques de Costa Rica (Tableau 7).

Les chiffres qui sont présentés montrent clairement qu'il est possible de retirer des gains économiques de l'emploi des résidus de patate douce qui, presque toujours en Amérique tropicale, sont perdus. En fait, et ce qui est peut-être encore plus important que les considérations économiques, ces « déchets » peuvent être transformés efficacement en aliments de haute qualité pour l'homme.

Tableau 7. Un modèle pour l'utilisation intégrale d'un hectare de patates douces (Backer *et al.* 1980)

Composantes agronomiques		Composantes de la production de viande	
Variété	C-15	Production de feuillage (16,8 % MS), t	13
Cycle végétatif, jours	150	Racines non commerciales (30,1 % MS), t	18
Production de racines, t	15	Urée (100 jours), kg	14,8
Racines commercialisables, t	13,2	Sels minéraux et vitamines, kg	26,0
Main-d'œuvre à la ferme, dollars US		Nombre d'animaux	5,2
Préparation du sol	60,4	Poids initial des animaux, kg	184
Plantation	71,7	Jours d'embouche	100
Fertilisation, désherbage	23,6	Rapport racines/feuillage	0,25
Désherbage manuel	63,4	Consommation, kg MS/tête/jour	5,2
Récolte	85,6	Gain de poids, kg/tête/jour	0,71
Coûts des matériels, dollars	US	Main-d'œuvre à la ferme, dollars US	50,0
Semences	30,0	Coût de l'urée, sels minéraux, etc $ US	11,3
Engrais	17,6		
Herbicides	45,9	Autres frais, dollars US	
Insecticides	3,1	Rations	78,0
Autres frais, dollars US		Administration (10 % du revenu)	36,9
Fermage	58,6	Intérêts (8 %)	90,6
Administration (10 % du revenu)	335,3	Revenu brut, dollars US	369
Intérêts d'investissement (8 %)	63,6	Rentabilité, %	38
Revenu brut, dollars US	3.353		
Rentabilité, %	290		

BIBLIOGRAPHIE

BACKER, J. 1976. Utilización integral del camote (*Ipomoea batatas*, (L) Lam) en la producción de carne. M. S. Thesis, UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica, 72 pp.

BACKER, J., M. E. RUIZ, H. MUÑ and A. M. PINCHINAT. 1980. El uso de la batata (*Ipomea batatas* (L) Lam) en la alimentación animal. II. Producción de carne de res. Producción Animal Tropical 5 : 166-175.

BARNETT, A. J. G. 1957. Fermentación del ensilado. Aguilar, Spain. 208 pp.

BRITT, D. G. and J. T. HUBER. 1975. Fungal growth during fermentation and refermentation of non-protein treated corn silage. J. Dairy Science. 58 : 1666-1671.

CHERRY, M. 1970. Conservación de los forrajes. Academia, Spain. 196 pp.

COIMBRA, E. DE ATAIDE. 1979. Comportamiento de la asociación kudzú tropical (*Pueraria phasioloides* (Roxb) Benth) y paso ruzi (*Brachiaria ruziziensis*, Germain y Evrard) Bajo el efecto de differentes presiones de pastoreo e intervalos de descanso. M. S. Thesis, UCR-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 93 pp.

FFOULKES, D. and T. R. PRESTON. 1978. Forraje de yuca o batata come fuente combinada de proteina y forraje en dietas de melaza. efecto de la suplementación con harina de soya. Producción Animal Tropical. 3 : 188-194.

FFOULKES, D., F. DE B. HOVELL and T. R. PRESTON. 1978. Sweet potato forage as cattle feed : voluntary intake and digestibility of mixtures of sweet potato forage and sugarcane. Tropical Animal Production. 3 : 140.

GAMBOA, M. A. 1962. Estudio sobre fertilización y distancias de siembra en el cultivo del camote (*Ipomoea batatas* (L) Lam) en la estación experimental agrícola Fabio Baudrit Moreno. Ing. Agr. Thesis, University of Costa Rica. San José, Costa Rica. 64 pp.

GILL, MARGARET, ANGELA FERNANDEZ and MILAGROS BOBADILLA. 1980. Efectos del forraje de batata y torta de algodon como suplemento en una dieta básica de tallo de caña descortezada sobre los parámetros de la fermentación ruminal y la tasa de recambio y flujo del rumen. Produción Animal Tropical 5 : 87. (Abstract)

GONZÁLEZ, M. C. 1979. Comportamiento de praderas de baja productividad bajo los efectos del período de descanso, presión de pastoreo y fertilización fosfatada. M. S. Thesis. UCR-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 106 pp.

KEMPTON, T. J. and R. A. LENG. 1978. The requirements of growing lambs on cellulose based diets for soluble nitrogen and by-pass proteins. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 12 : 131.

KEMPTON, T. J., J. V. NOLAN and R. A. LENG. 1977. Principles for the use of non-protein nitrogen and by-pass proteins in diets of ruminants. World Animal Review 22 : 2-10.

LARA Y LARA, P. E. 1977. Diferentes niveles de melaza y urea en el ensilaje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L). M. S. Thesis, UCR-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 72 pp.

LIZARRAGA, N. A. 1976. Evaluación del crecimiento del camote (*Ipomoea batatas* (L) Lam) y su relación con la radiación solar en monocultivo y en asociaciones con yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) y maíz (*Zea mays*, L). M. S. Thesis, UCR-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 102 pp.

MANDAL, R. C., K. D. SINGH, S. B. MAINI and M. L. MAGOON. 1971. Response of sweet potato to plant spacing and nitrogen fertilization. Indian J. Agron. 16 : 85.

MCDOWELL, L. R., J. K. CONRAD, J. E. THOMAS and L. E. HARRIS. 1974. Tablas de composición de alimentos de America Latina. University of Florida, Gainesville, Florida, U. S. A. 509 pp.

MEÑA, A., M. REYES, F. D. DE B. HOVELL and J. B. ROWE. 1979. Digestion of diets based on derinded sugarcane and molasses containing different levels of sweet potato forage. Trop. Anim. Prod. 4 : 196. (Abstract).

MEYRELES, LUZ and T. R. PRESTON. 1979. Effect of cutting frequency on yield and composition of sweet potato forage. Trop. Anim. Prod. 4 : 177.

MEYRELES, LUZ, J. B. ROWE and T. R. PRESTON. 1979. Efecto en el comportamiento de los toros de engorde de suplementar una dieta básica de tallo de caña descortezada con urea, forraje de batata y torta de algodo. Prod. Anim. Trop. 4 : 263-270.

MORA-VARGAS, C. E. 1969. Pruebas de producción y calidad de variedades de camote (*Ipomoea batatas* Poir) en la zona intermedia alta del Valle Central. Ing. Agr. Thesis, University of Costa Rica. San José, Costa Rica. 48 pp.

MORENO, A. H. 1977. Evaluación de ensilajes de pasto Panamá (*Saccharum sinense*) para la alimentación de vacas de doble propósito. M. S. Thesis, UCR-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 98 pp.

PINCHINAT, A. M. 1974. Rendimiento potencial del camote en la zona de Turrialba. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter 7 : 10-14.

ROCHA, W. 1978. Evaluación del componente alimenticio y de la rentabilidad económica del módulo lechero del CATIE. M. S. Thesis, UCR-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 99 pp.

RUIZ, M. E., D. PEZO and L. MARTÍNEZ. 1980. El uso del camote (*Ipomoea batatas* (L) Lam) en la alimentación animal. I. Aspectos agronomicos. Prod. Anim. Trop. 5 : 157-165.

RUIZ, M. E., E. LOZANO and A. RUIZ. 1981. El uso del camote (*Ipomoea batatas* (L) Lam) en la alimentación animal. Adición de diversos niveles de raices y urea al ensilaje de follaje. Producción Animal Tropical. 6 : (in press)

TILLEY, J. and R. TERRY. 1963. A two-stage technique for the *in vitro digestion of forages. J. Brit. Grassland Soc. 18 : 104-111.*

WILKINSON, J. M., R. F. WILSON and T. M. BARRY. 1976. Factors affecting the nutritive value of silage. Outlook on Agriculture 9 : 3-8.

ZUMBADO, A. Z. 1967. Rendimiento y calidad e incidencia de Astura elevalis y otros insectos en batata cosechada en varias épocas. Ing. Agr. Thesis, University of Costa Rica. San José, Costa Rica. 39 pp.

Délegués du colloque inspectant les lignes de sélection à l'Institut de Recherche Agricole de Taïwan.

DISCUSSION GENERALE

(SEANCE VI)

VILLORENTE: *Concernant votre programme de production de carburant essence + alcool, pouvons-nous savoir, entre un litre d'alcool ou un litre d'essence, lequel est le plus coûteux à l'heure actuelle en Indonésie ? Si l'alcool est plus coûteux, quelles sont les mesures prises pour réduire le coût de la production d'alcool de façon à le rendre compétitif avec l'essence ?*

WINARNO: Je ne sais pas exactement quel est le prix de l'alcool en Indonésie, mais celui de l'essence est toujours inférieur à 0,25 $ US le litre. Nous devons penser à l'avenir. J'espère que l'avenir de la production d'alcool sera très bon et que celle-ci pourra compléter la production de pétrole de façon à ce que nos réserves pétrolières ne soient pas trop vite épuisées. Ce serait intéressant pour les agriculteurs du point de vue économique, car ceci les inciterait encore davantage à planter des patates douce.

URITANI: *Existe-t-il des modifications lors du séchage de la farine par le soleil ?*

WINARNO: Oui, la bêta-carotène est détruit par une longue exposition au soleil. Les traitements préalables tels que l'épluchage chimique, le blanchiment et le stockage de la matière première réduit aussi la teneur en bêta-carotène. La réaction de brunissement est également observée couramment.

URITANI: *Pourriez-vous nous expliquer en détails la méthode de fabrication de la farine de patate douce. La farine est-elle fabriquée sans traitement à la chaleur ?*

WINARNO: Il y a plusieurs façons de produire de la farine de patate douce ; deux d'entre elles sont le séchage direct au soleil et la déshydratation. Traditionnellement, la farine de patate douce est produite en découpant en tranches des racines non pelées (épaisses de 3 mm) et en les séchant jusqu'à ce qu'elles deviennent cassantes (habituellement à 6-8 % d'humidité). Ensuite, les patates séchées sont moulues et tamisées pour produire de la farine. La couleur de la farine est normalement foncée. Elle est utilisée comme additif pour le pain et en pâtisserie.

WILSON: *A-t-on déterminé si la production d'alcool de patate douce peut être économique en Indonésie compte tenu des coûts de conversion ? L'alcool sera-t-il produit à partir de variétés existantes ? S'agit-il des types riches en matières sèches ?*

WINARNO: D'après les calculs, oui. Le plus important, cependant, est que la fabrication d'alcool procurera un revenu supplémentaire aux personnes participant à la transformation. L'alcool est produit en utilisant la variété la plus appropriée. Je m'attends à ce que les variétés riches en amidon soient meilleures.

CHEN: *Son prix mis à part, la texture de la patate douce en conserve constitue-t-elle un problème pour son acceptabilité ?*

WINARNO: Pour mettre la patate douce en conserve, on n'utilise que des variétés sélectionnées, à bonne texture et pouvant résister aux températures de stérilisation. Par exemple, aux USA, les variétés Centennial, Goldrush, Julian et Nuggett ont été utilisées en raison de leur texture acceptable. Leurs racines correspondent également à la taille recherchée pour convenir aux boîtes généralement utilisées.

VILLAREAL: *Quelle est la cause de la diarrhée qui frappe les porcs nourris avec de la patate douce non cuite ?*

YEH : Le taux de l'inhibiteur de trypsine contenu dans les racines de patates douces crues est plus élevé que celui des racines séchées au soleil ou cuites (procédé à la chaleur). Cet inhibiteur peut indirectement causer une indigestion des protéines contenues dans les rations, qui à son tour peut entraîner de la diarrhée chez les porcs nourris avec des patates douces crues.

CHEN : *Quelle est la définition de la disponibilité en amidon ? Quelle est la différence entre disponibilité de l'amidon et digestibilité de l'amidon ?*

YEH : Dans notre essai, la disponibilité de l'amidon est exprimée en appliquant une solution de diazyme (ml CO_2/g de MS/h). La digestibilité de l'amidon doit être mesurée par un test animal. La disponibilité de l'amidon est habituellement corrélée positivement avec la digestibilité de l'amidon.

ANONYME : *Comment expliquez-vous vos chiffres de gain de poids quotidien des porcs nourris avec de la patate douce ? Il est inférieur à celui obtenu avec une ration de maïs et le rapport aliment/gain est élevé.*

YEH : Un gain de poids journalier supérieur chez les porcs nourris avec du maïs a habituellement comme résultat un rapport aliment/gain inférieur. Le rapport aliment/gain plus élevé indique une efficience alimentaire moindre.

ANONYME : *Les blessures ou les infections fongiques induisent-elles aussi une activité de l'oxydase de l'AIA ? La submersion des tranches de patate douce blessées ou infectées par un champignon, dans une solution, telle qu'une solution de NaC1, peut-elle éviter la série de réactions enzymatiques ?*

URITANI : Blessures et infections induisent de l'oxydase d'AIA. Toutefois, la blessure synthétise l'AIA. Donc, l'AIA semble être séparé de l'oxydase de l'AIA par le système de membrane. D'une manière générale, l'anaérobiose arrête l'induction.

ANONYME : *Les coumarines et les furanoterpènes trouvés dans les racines blessées ou malades constituent-ils un danger pour l'homme ou l'animal qui les absorbe ?*

URITANI : Oui, parce qu'ils sont toxiques.

MOYER : *La colonisation par* Fusarium oxysporum, *agent causal de la pourriture superficielle, et par* M. infuscans, *agent causal des pellicules, est limitée au périderme. Les hyphes sont rarement trouvées dans l'écorce. A votre avis, quels sont le(s) facteurs de résistance responsables de ce phénomène ?*

URITANI : La patate douce possède un mécanisme de défense primaire et secondaire. Le premier comporte des composantes du type lectine, qui peuvent être liées à la défense contre la pourriture de surface et contre les pellicules. Le second peut être lié à la défense, à cause de la forte activité antibiotique de ces agents pathogènes.

WILSON : *Pourriez-vous expliquer la synthèse des enzymes, induite par les champignons, dans les tubercules de patate douce ?*

URITANI : La patate douce semble posséder deux sortes de composantes. La première sert à reconnaître le champignon qui est en train de pénétrer, conduisant à la synthèse d'une partie des enzymes. L'autre sert à l'induction d'autres enzymes particulièrement liés à la biosynthèse de furanoterpènes.

ANONYME : *Comment réussissez-vous à utiliser la déshydratation solaire par temps pluvieux et nuageux ? Quel est le coût de l'équipement ? Pendant combien de temps se conservent les produits séchés de la patate douce ?*

MOY: En reliant le déshydrateur solaire à une source d'air chauffé électriquement ou par biogaz, et en activant cette source de chaleur par l'intermédiaire d'un thermostat lorsque le temps est pluvieux ou nuageux, le séchage peut continuer, même de nuit. Le second système, qui utilise de méthane, est préférable. Le déshydrateur solaire que nous avons construit coûte moins de 200 $ US à Hawaï. La dépense principale est le plastique acrylique. La patate douce séchée au soleil peut-être conservée au moins 12 à 18 mois sans modification de la qualité des tranches ou de la farine si elle est emballée dans des sacs plastiques ou des bocaux de verre.

ANONYME: *Pensez-vous qu'il soit possible d'utiliser votre séchoir solaire avec d'autres plantes à racines amylacées ?*

MOY: Oui, il est possible d'utiliser notre séchoir solaire pour sécher d'autres plantes amylacées comme le taro et le manioc.

ANONYME: *Pourriez-vous comparer les séchoirs électriques et solaires sur la base de la commodité, de l'économie et de la qualité des matières séchées ?*

MOY: Etant donné le prix élevé du pétrole et de l'électricité, un séchoir solaire est certainement plus économique qu'un séchoir à air chauffé électriquement. La seule contrainte est qu'il dépend du soleil et du temps. Aussi, une méthode avantageuse pourrait consister à utiliser le biogaz (méthane) comme autre source de chaleur pour le séchage. La qualité des produits séchés au soleil est au moins aussi bonne que celle des produits séchés à l'air. Dans certains cas, les produits séchés au soleil sont préférés à ceux séchés à l'air chaud.

ANONYME: *En comparant la déshydratation solaire directe, la déshydratation solaire indirecte et la combinaison des deux, avez-vous tenu compte de l'espace occupé par chacun d'eux ?*

MOY: L'espace occupé par les trois modes de déshydrateurs solaires ne diffère pas beaucoup. Le déshydrateur solaire en mode direct prend un peu moins de place parce qu'il ne comprend pas de collecteur.

RASHID: *Avez-vous étudié l'effet de l'humidité atmosphérique sur le degré de déshydratation par le séchoir solaire ? Dans l'affirmative, quelles sont les conclusions ?*

MOY: Nous ne l'avons pas étudié systématiquement jusqu'à présent, mais l'humidité relative (HR) de l'air décroît lorsque l'air est chauffé à travers le collecteur solaire. Aussi longtemps que l'humidité relative n'atteint pas 90-100 %, le séchage au soleil peut être tout à fait efficace. La température de l'air dans notre séchoir solaire varie entre 45 et 55 °C.

YANG: *Qu'en est-il de l'humidité de sortie ? Comment séchez-vous le silicagel pour un usage répété ?*

MOY: Malgré la difficulté de réaliser des mesures précises, nous estimons que l'humidité de sortie dans notre séchoir solaire varie entre 65 et 85 % d'humidité relative. Les facteurs influençant l'HR de sortie seraient l'HR initiale de l'air entrant dans le séchoir solaire, la température à laquelle l'air est séché pour le séchage solaire, la vitesse de l'air traversant le séchoir solaire et la quantité d'humidité retirée des produits alimentaires dans un intervalle de temps donné. Pour sécher le gel de silice, on peut utiliser la chaleur électrique. Cela exigerait 10 h environ à 130 °C ou plus. Compte tenu du prix actuel de l'électricité, il ne semble pas économique de régénérer de grosses quantités de gel de silice à la chaleur électrique. Si l'on peut disposer d'un radiateur solaire pour sécher le gel de silice, il pourrait être pratique d'utiliser le gel de silice pour assécher l'air en vue d'améliorer les taux de séchage solaire.

HAMMETT: *Serait-il économiquement possible d'intensifier la production de chaleur en utilisant une série de lentilles et de miroirs ?*

MOY : Oui, des miroirs et des lentilles pourraient intensifier la radiation solaire, mais ils grèvent le coût du séchage solaire qui peut ainsi devenir non rentable.

CHEN : *Les gens ont dit que si les tranches de patate douce sont séchées au soleil avant d'être cuites avec du riz, leur texture devient médiocre comparée à celle des tranches de patate douce fraîches. Pourriez-vous commenter ce point ?*

MOY : C'est un problème qui n'a pas encore été étudié de façon méthodique, mais qui devrait l'être si l'on veut fabriquer du riz de patate douce séché au soleil.

ANONYME *Dans certaines régions des Philippines, il y a, dans l'année, une saison sèche et une saison de pluies bien marquées. Si la récolte des patates douces se situe pendant les mois pluvieux au cours desquels on peut s'attendre à un ensoleillement minimal, pensez-vous que les séchoirs solaires puissent fonctionner ?*

MOY : Je vous prie de vous référer à ma réponse sur l'utilisation du biogaz (méthane) dans le système de séchage solaire.

VILLAREAL : *Combien coûte un déshydrateur solaire (l'unité) tel que vous l'avez décrit pour la petite entreprise ou pour l'usage familial ? Où peut-on acheter l'unité ?*

MOY : Le modèle que nous avons construit coûte moins de 200 $ US à Hawaï. Il devrait coûter moins cher ailleurs. Il convient à l'usage familial. Il est possible de construire plusieurs unités pour les petites entreprises. Plutôt que d'acheter une unité, le meilleur moyen est de la construire vous-même. Nous pouvons vous fournir un croquis et les dimensions. Celles-ci toutefois, ne sont pas importantes étant donné que vous pouvez faire varier la taille pour l'adapter à vos besoins.

ANONYME : *Quelle est la teneur en eau des patates douces déshydratées par le séchoir solaire ? Combien d'heure faut-il pour sécher 100 kg de patate douce avec un séchoir solaire ?*

MOY : La teneur en eau est habituellement environ 6 à 10 %, mais il est conseillé de ne pas sécher les tranches de patates douces à des teneurs en eau trop basses parce que la texture peut devenir dure et inacceptable. Notre séchoir possède une capacité d'environ 9 kg par fournée à raison de 12 h chacune. Ainsi, pour 100 kg, le séchage demanderait 132 heures en utilisant notre séchoir solaire.

WARGIONO : *Dans votre système de commercialisation, environ 60 % de la production de patate douce est achetée par des expéditeurs. Avez-vous un prix plancher pour la patate douce ? Quel est le profit que l'agriculteur peut tirer de la culture ?*

CHEN : En général, nous n'avons pas, à Taïwan de prix plancher pour la patate douce. Cependant, certaines associations de cultivateurs ont instauré un prix plancher, mais pour une seule variété de patate douce, la Tainung 57. La culture de la patate douce n'est pas réellement rentable à l'heure actuelle à Taïwan. Les agriculteurs la cultivent pour d'autres raisons, comme la nécessité d'une culture intercalaire ou encore pour nourrir les porcs de la basse-cour.

WARGIONO : *Le prix du riz est toujours supérieur à celui de la patate douce, mais, de fait, les agriculteurs cultivent la patate douce sur de grandes surfaces. Pensez-vous que la patate douce soit plus rentable que le riz ?*

CHEN : Je ne crois pas que la rentabilité du riz et celle de la patate douce doivent être comparées parce que ce ne sont pas des cultures concurrentes. En réalité, les revenus provenant de l'une et de l'autre se complètent. En outre, la patate douce est particulièrement cultivée lorsque le dispositif d'irrigation n'est pas suffisant pour réaliser une culture de riz.

PARTICIPANTS

Waichi Agata, Faculty of Agriculture, Kyushu Univ., Fukuoka, Japan.

Will Lungat Akus, Dept. of Primary Industry, Highlands Agric. Expt. Sta., Aiyura, P.O. Box 384, Kainantu, E.H.P., Paua New Guinea.

Merle M. Anders, SHRDP, Papua New Guinea.

Anthony Baah, Dormaa Secondary School, P.O. Box 39, Dormaa Ahenkro, Ghana.

Emelita Baldonado, Ministry of Human Settlement, Technology Resource Center, Buendia Ave. Ext., Makati, Metro Manila, Philippines.

Perfecto U. Bartolini, Philippine Root Crop Research & Training Center, Visayas State College of Agric., Baybay, Leyte 7127, Philippines.

Luis Bonilla, Plan Sierra, P.O. Box 1152, Santiago, the Dominican Republic.

John C. Bouwkamp, Dept. of Horticulture, Univ. of Maryland, College Park, Maryland 20742, USA.

Diosdado V. Castro, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Yung-Sing Chang, Council for Agricultural Planning and Development, 37 Nanhai,Road, Taipei, Taiwan.

Chih-Kang Chao, Council for Agricultural Planning and Development, 37 Nanhai Road, Taipei, Taiwan.

Chao-Yih Chen, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Hsing-Yiu Chen, Agricultural Marketing Division, Council for Agricultural Planning and Development, 37 Nanhai Road, Taipei, Taiwan.

Fa-Shiang Chiu, Hsinchu DAIS, 9 Nan-Yah St., Hsinchu, Taiwan.

Ren-Jong Chiu, Council for Agricultural Planning and Development, 37 Nanhai Road, Taipei, Taiwan.

Su-Chin L. Chiu, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Liang-Yih Chou, Taiwan Agric. Res. Inst., Taichung, Taiwan.

Tsai-Yi Chow, Taiwan Livestock Res. Inst., Hsinhua, Tainan, Taiwan.

Wanda W. Collins, North Carolina State Univ., 210 Kilgore Hall NCSU, Raleigh, NC 27650, USA.

Romeo Dongallo, Ministry of Human Settlement Buendia Ave. Ext., Makati, Metro Manila, Philippines.

Somporn Drabyasara, Dept. of Horticulture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Dennis Eusebio, POP, Economic Garden, Los Baños, Laguna, Philippines.

Jack Gershon, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Sylvia K. Green, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

S.K. Hahn, IITA, P.M.B. 5320, Ibadan, Nigeria.

Harrell L. Hammett, LSU Sweet Potato Research Center, P.O. Box 120, Chase, Louisiana 71324, USA.

Leonard Ho, Asian Vegetable Research and Development Center. P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Eun Hi Hong, Upland Crops Division, Crop Expt. Sta., Office of Rural Development, Suweon 170, Korea.

Yoshio Hozyo, National Inst. of Agric. Sciences, Kannondai, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

Ko-Chang Hsieh, National Science Council, 2 Kuang Chow St., Taipei, Taiwan.

Sung-Ching Hsieh, Taiwan Agric. Res. Inst., Taichung, Taiwan.

Ching-Sheng Hsu, Dept. of Crop Improvement, Tainan DAIS, Tainan, Taiwan.

Cheng-Rung Hu, Agric. Prod. Section, Provincial Dept. of Agric. and Forestry, Chung-Hsing Village, Taiwan.

Po-Chao Huang, Dept. of biochemistry, College of Medicine, National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan.

R.K. Jana, Faculty of Agriculture, Univ. of Dar Es Salaam, P.O. Box 643, Morogoro, Tanzania.

Alfred Jones, Vegetable Laboratory, P.O. Box 3348, Charleston, South Carolina Carolina 29407, USA.

Ching-Huei Kao, Dept. of Agronomy, National Taiwan Univ. Taipei, Taiwan.

Stanley J. Kays, Univ. of Georgia, College of Agriculture, Athens, Georgia 30602, USA.

Te-Yeh Ku, Council for Agricultural Planning and Development, 37 Nanhai Road, Taipei, Taiwan.

George, C. Kuo, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Chin-Tian Lee, College of Agriculture & Life Sciences, Univ. of Guam, UOG Station, Mangilao, Guam 96913.

Liang Li, Chiayi Agric. Expt. Sta., Chiayi, Taiwan.

Chem-Kun Lien, National Science Council, 1 Kuang Chow St., Taipei, Taiwan.

Cheng-Yi Lii, Inst. of Chemistry, Academia Sinica, Nankang, Taipei, Taiwan.

Yaw-Huei Lin, Inst. of Botany, Academia Sinica, Nankang, Taipei, Taiwan.

Yi-Sheng Lin Dept. of Plant Pathology, Taiwan, Agric. Res. Inst., Taichung, Taiwan.

Dah-Jiang Liu, Taiwan Agric. Rest. Inst., Taichung, Taiwan.

Hsiao-Feng Lo, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Marcia Lo, Dept. of Botany, National Chung Hsing Univ., Taichung, Taiwan.

Chih-Lin Luh, Advisory Group, Executive Yan, Taipei, Taiwan.

Franklin W. Martin, Mayaguez Inst. of Trop. Agric., P.O. Tox 70, Mayaguez, Puerto Rico 00708.

J.T. Meynhuardt, Hort. Res. Inst., Private Bag X293, Pretoria 0001, Republic of South Africa.

Yung-Ho Moon, Crop Expt. Sta. Office of Rural Development, Suweon 170, Korea.

Raul A. Moreno, Annual Crops Program, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

James H. Moy, Dept. of Food Science & Human Nutrition, Univ. of Hawaii, Honolulu, Hawaii 96822, USA.

James W. Moyer, Dept. of Plant Pathology, North Carolina State Univ., Box 5397, Raleigh, NC 27650, USA.

Ichizo Nishiyama, Kyoto Univ., Kitashirakawa-Oikake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan.

Hiko-Ichi Oka, Food Drops Res. Inst., National Chung Hsing Univ., Taichung, Taiwan.

Shih-Huang Ou, Taiwan Agric. Res. Inst., Taichung, Taiwan.

Rohan Rajapakse, Dept. of Entomology, Faculty of Agriculture, Mapalana Kamburupitiya, Sri Lanka.

M.M. Rashid, Bangladesh Agric. Res. Inst., Joydelpur, Dacca, Bangladesh.

Yu-Chi Roan, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Adisak Sajjaporgse, Asian Vegetable Research and Development Denter, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Ramon S. Salire, Bicol State Univ., Legaspi City, Philippines.

Lina M. Sanque, Ministry of Human Settlement, Buendia Ave, Ext., Makati, Metro Manila, Philippines.

Mallik A. As-Saqui, Central Agric. Res. Inst., Ministry of Agric., P.O. Box 32, Gharnga, Bong Country, Liberia.

George W. Sellek, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Webster H. Still, Jr., Dept. of Plant Pathology, National Chung Hsing Univ., Taichung, Taiwan.

Kuang-Chi Su, Taichung DAIS, Taichung, Taiwan.

Paul M.H. Sun, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Tomohisa Takemata, Sweet Potato Breeding Center, Central Agric. Expt. Sta., Kuriyama 1055, Yotsukaido, Chiba 284, Japan.

N.S. Talekar, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Ichiro Tanabe, Asian Vegetable Research an Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

John M. Taylor, Field Agro Industries Inc., Peter Go Bldg, Mango Ave, Cebu City, Philippines.

Jawahir L. Tickoo, Div. of Genetics, Indian Agric. Res. Inst., New Delhi 110012, India.

Shi-Shun Tsai, National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan.

Wen-Fu Tsai, Dept. of Agronomy, National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan.

Hsin-Sheng Tsay, Taiwan Agric. Res. Inst., Taichung, Taiwan.

Samson C.S. Tsou, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Chin-Chyu Tu, Tainan DAIS, Tainan, Taiwan.

Hsun Tu, Council for Agricultural Planning and Development, 37 Nanhai Road Taipei, Taiwan.

H.R. von Uexkull, Inter. Potash Inst./Potash & Phosphate Inst. of N. Améri. 126 Watten Estate Road, Singapore 1128.

Ikuzo Uritani, Faculty of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nogoya 4 Japan.

Ruben L. Villareal, Asian Vegetable Research and Development Center, P.O. Box 42, Shanhua, Tainan, Taiwan.

Ambrosio R. Villorente, Bureau of Agric. Ext., Ministry of Agric., Diliman, Quezon City 3008, Philippines.

Van H. Waddill, Agric. Res. Educ. Center, Univ. of Florida, 18905 S.W. 280 St., Homestead, Florida 33031, USA.

Hsiung Wan, Taiwan Agric. Res. Inst., Taichung, Taiwan.

Shui-Chen Chiu Wan, Taiwan Agric. Res. Inst., Taichung, Taiwan.

Hsia Wang, Chiayi Agric. Expt. Sta., Chiayi, Taiwan.

J. Wargiono, Root & Tuber Crops, Central Res. Inst. for Agric., Jl. Merdeka 99, Bogor, Indonesia.

Bantoone Warrit, Dept. of Horticulture, Chiangmai University, Chiangmai, Tailand.

L. George Wilson, North Carolina State Univ., Raleigh, NC 27607, USA.

Laurence A. Wilson, Dept. of Crop Science, Univ. of the West Indies, St. Augustine, Trinidad, W.I.

F.G. Winarno, Food Tech. Dev. Center, Inst.. Pertanian Bogor, P.O. Box 61, Bogor, Indonesia.

Hong-Pang Wu, Inst. of Botany, Academia Sinica, Nankang, Taipei, Taiwan.

James S. Wu, National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan.

Yu-Long Wu, Kaohsiung DAIS, Pingtung City, Taiwan.

Romke Wustman, Bangladesh Agric. Res. Inst., P.O. Box 166, Gulshan, Dacca, Bangladesh.

Chia-Wenn Yang, Hsinchu DAIS, Hsinchu, Taiwan.

Tsu-Hsing Yang, Dept. of Agric. Chem., National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan.

Tsa-Pou Yeh, Animal Ind. Res. Inst., Taiwan Sugar Corporation, Chunan, Taiwan.

Douglas E. Yen, The Australian National Univ. P.O. Box 4, Canberra ACT 2600, Australia.

Muhammad Yusuf, CRIA, Bandar, Buat, P.O. Box 34, Padang, West Sumatra, Indonesia.

Dominador Zara, Dept. of Horticulture, U.P. at Los Baños, Laguna, Philippines.

INDEX DES MATIÈRES

Activité inhibitrice de la trypsine (AIT) 407, 472

Adaptabilité 31,34

Alimentation animale 20, 33, 55, 65, 200, 243, 262

Alimentation humaine 11, 27, 39, 41, 47, 49, 51, 64, 84, 85, 147, 148, 223

Amélioration génétique (voir sélection)

Amidon 20, 45, 71, 145, 154, 228

Bactéries 190

Bouture 301, 309, 339

Charançon 17, 51, 157, 167, 199, 345, 385, 414

Champignons pathogènes 191, 201, 339, 394, 424, 439

Collections 65, 81, 163, 252

Commercialisation 423, 431

Conditionnement 52, 64, 86, 391

Conditions climatiques (milieu) 337, 347, 377, 391, 424

Croisement 293, 301, 313, 338, 355, 377

Croissance 92, 132, 341

Cultivars 14, 57, 70, 129, 157, 175, 253, 288, 307, 313, 329, 338, 347, 355, 375, 407

Culture de méristème 183, 201

Densité de plantation 63, 457

Déshydratation solaire 447, 472

Distribution géographique 27, 30

Ecologie 32, 56, 74, 77, 100, 106, 130, 217, 233, 262

Ecorçage annulaire 321

Energie (alimentaire, métabolisable) 49, 403, 457

Ensilage (du feuillage) 399, 457

Essais agronomiques 62, 217, 223

Farine (de patate douce) 313, 393, 411, 417

Facteurs limitants 83, 105, 153, 223, 257, 262, 274

Fertilisation 40, 63, 79, 84, 218, 223, 233, 252, 265, 275, 309, 330, 384, 407, 414

Floraison 314, 355, 375

Génome (génotype) 284, 296, 307, 317, 332, 340, 347, 368, 375, 383

Germination 207, 232

Grenaison 314, 375

Histoire 27, 83, 288

Hybridation 302, 318, 363

Incompatibilité (auto...) 282, 293, 316, 383

Industrialisation 20, 53, 83, 208

Induction florale 317

Infection (virale) 171, 179, 191, 200, 304, 338, 384, 394

Maladies 80, 171, 189, 337, 384, 394, 424, 439

Matériel de plantation 195, 205, 212, 273, 277

Mauvaises herbes 64, 80, 233

Mécanisation 231-240, 275

Multiplication 179, 205, 232

Nématodes 191, 342, 358

Nutritionnelle (valeur, qualité) 19, 45, 71, 85, 301, 313, 328, 363, 373, 384, 391, 403, 411, 464

Organoleptique (qualité) 301, 455

Parasites 17, 80, 157, 167

Phylogenèse 15, 25

Pollinisation 302, 320

Pousses (de patate douce) 327, 347, 363

Pourritures 189, 207, 211, 233

Production 12, 25, 55, 69, 135, 205, 231, 243

Protéines 39-42, 45, 71, 363, 385, 403, 457

Protection des cultures (résistance aux maladies) 82, 157, 167, 171, 191, 200, 207, 305, 318, 337, 347, 355, 384, 424

Rendement 11, 20, 57, 69, 101, 129, 185, 199, 207, 217, 224, 247, 253, 273, 274, 302, 307, 314, 330, 337, 355, 363, 392, 457

Revenu 20, 55, 276

Rotations culturales 80, 199, 244

Sélection 15, 85, 158, 210, 289, 301, 313, 322, 337, 347, 355, 363, 385

Stérilité 293, 316, 384

Stockage (post-récolte) 51, 64, 80, 157, 189, 194, 235, 273, 301, 307, 333, 337, 393, 423, 439

Sucres 15, 45, 51, 145, 154, 228

Superficies cultivées 20, 55, 69, 73, 75, 76, 243

Systèmes de récolte 57, 64, 80, 234

Taxonomie 25, 26, 282, 290

Techniques culturales 17, 56, 63, 78, 81, 123, 176, 219, 248, 273

Transformation (pré-chauffage, épluchage, toilettage, triage, blanchiment, déshydratation) 395, 411, 447

Variété 301, 313, 332, 363, 373, 411

INDEX DES CULTIVARS, SÉLECTIONS ET LIGNÉES

03/62, 97, 98, 99
049, 96, 97, 99, 102
4-95, 302
4-126, 302
6-27, 301, 302
7-3, 301, 302
7-42, 301, 302
7-59, 301, 302
212, 376
213 x 228-1, 376
215, 376
234, 376
241 x 213, 376
246, 376
273-0-42, 376
284, 376
288, 376
289, 376
291 x 273-1, 376
311 (1), 376
311 (2), 376
349, 376
353, 376
356, 376
70 Ju-Chao, 39, 40

A 28 7, 97, 98, 99
AI 6 15, 97, 98, 99
AIS 016-1, 331
AIS 0122-2, 311
AIS 35-1, 311
AIS 35-2, 163, 218, 311
AIS 128, 392
AIS 209-3, 308, 310
AIS 243-2, 311
AIS 272-9, 311
Albay 2, 253, 254, 255, 257

Allgold, 315, 338

B 6712, 162, 163
Bangued, 253, 254, 256
BAU-2, 308, 310
BNAS, 223, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 308, 309, 310
BNAS White, 330
Borrie, 301
Brondal (58-1-3), 302, 303, 304, 305

C-1 Asbana, 458, 460
C 7, 253, 254, 255, 257, 262

C 9, 96

C 9 9, 97, 98, 99
C 15, 262, 458, 460, 467
C 26 7, 102
C 36, 253, 254, 255, 257

C 47-199, 366
C 52-1, 366
C 53-83, 314, 316, 323
C 55-27, 366
C 55-189, 366
C 57-6, 366
C 57-159, 366
C 57-191, 366
C 57-204, 366
C 64-18, 364
C 64-83, 316
C 69-19, 316, 320
C 70-54, 316, 320
C 70-66, 316, 320
C 70-79, 316
C 70-101, 316
C 106, 253, 254, 255
C 200-1, 253, 254, 255, 257

California Red, 376
Caromex, 376
Carver, 320, 376
Centennial, 315, 360, 376, 378, 379, 380

Centennial W-1, 376
Chi-Ting-Chun, 315
Cinjhi, 310

Coastal Sweet, 376

Daja, 308, 310
Daya, 399
Dilaw, 330, 331

Earlyport, 301
voir aussi L-240
Eland (56-27-1), 302, 303
Engordo, 167
Gedang, 392
Georgia Red, 252, 253
Gokomachari, 308, 310
Goldrush, 315
Griqua (6-27), 302, 303
Gyy, 308, 310

Hartebeest (61-7-1), 302
Hawaii No. 1, 450

HDK 12, 308, 310
Heartogold, 315
HL 57-67, 366
HM 15, 338
HM 36, 338
Hong-Hsin Wei, 39, 40
HP-4, 408
HP-18, 404, 407, 408

Hsin-Tsu 1, 39
Hung-hsin-wei, 180, 185

I 57, 392
I 62, 97, 98, 99
Ilocos Norte, 253, 254, 256

Ilocos Sur, 253, 254, 256

Impala (57-2) 302, 303, 304, 305

(Japan x US) 17, 253, 254, 255, 256, 257

(Japan x US) 23, 253, 254, 255, 256, 257

Jasper, 343
Jewel, 240, 308, 310, 343, 360, 376, 378, 379, 380
Julian, 308, 310, 315

Kaalsa, 253, 254, 256
Kandee, 315, 318, 376
Kaogbon, 253, 254, 256

Karja, 252, 253, 254, 256

Katalo, 253, 254, 256
Kinankong, 330, 331
Kanaransi Puti, 252, 253, 254, 256

Kokeia, 308, 309, 310
Kudu (61-8-4), 302, 303, 304

L 2-116, 315
L 3-64, 158, 315
L 4-89, 315
L-21, 338
L 21-33, 314
L-130, 338
L-240, 301, 302
voir aussi Earlyport
Leeland Bunch, 376
Local Red, 308, 310
Local White, 308, 310
Mafutha, 302, 303
MD 302, 209
MD 628, 209
MD 714, 209
Miruras, 253, 254, 255, 257

Misamis Oriental, 252, 253

Mount Diamond 1, 308, 310
Mount Diamond 3, 308, 310
Mount Diamond 4, 308, 310

Nancy Hall, 167, 315, 317, 318, 376
NC 718, 209
NC 719, 209
Nemagold, 360, 376
Norin, 308, 310
Norin S, 308, 310
North Carolina, 253, 254, 255, 257

No. 3-6, 392
No. 6-2, 392
No. 17-1, 392
No. 17-5, 392
No. 17-7, 392
No. 20-9, 392
No. 22-2, 392
No. 31-1, 392
No. 32-10-5, 392
No. 380, 392
No. 779, 315, 321, 367
Nunglin 18, 315
Nunglin 19, 315
Nunglin 21, 315
Nunglin 26, 315

OK 100, 39, 315, 317, 367, 368
Okinawa, 96, 185, 186, 308, 310, 363

Old Goldrush, 376
Old Yellow, 308, 310
Orange Little Stem, 163

Painter, 376
Pelican Processor, 308, 310, 376

PI 286629, 162
PI 286621, 162
PI 296116, 376
PI 315342, 162
PI 315350, 162
PI 318856, 162, 330
PI 344120, 330
PI 344128, 330
PI 344138, 330
PI 399163, 376
PI 344234, 376
Porto Rico, 315, 338, 367

Quezon 7, 253, 254, 255, 257

Quezon 13, 253, 254, 255, 257

R 38, 96
Redcliff, 376
Red Elish, 247, 249
Redgold, 376
Red Jewel, 109, 113, 124
Redmar, 208, 209
Red Tuber Tail, 162, 163, 308, 310, 315, 363, 368
Ribbok (73-1-75), 302, 303, 304

Rose Centennial, 315, 376

RS No. 1, 308, 310
RS No. 4, 308, 310

San Roque 253, 254, 255, 257

Seedling 45, 253, 254, 256

Seedling 47, 253, 254, 256

Six Months White, 301, 303

Southern Queen, 376

T-15, 107
TA 10, 367
TA 31, 367
TA 48, 367
TA 55, 367
Tainan 15, 308, 310
Tainung 31, 39, 318
Tainung 36, 318
Tainung 45, 39
Tainung 48, 314, 407
Tainung 48 à 57, 314
Tainung 53, 247, 248
Tainung 54, 314
Tainung 57, 39, 163, 185, 247, 249, 314, 316, 404
Tainung 58, 314
Tainung 59, 39
Tainung 59 à 64, 314
Tainung 60, 39, 40
Tainung 62, 316
Tainung 63, 180, 185, 186
Tainung 64, 185
Tainung New 10, 308, 310
TI 1892, 376
TI 1894, 376
TI-1895, 376
TIb 2, 350
TIb 4, 350
TIb 5, 96
TIb 8, 350
TIb 8, 70, 308, 310

TIb 9, 350
TIb 10, 96, 350
TIb 10, 96
TIb 11, 350
Tinirining, 308, 309
TIS 1145, 350
TIS 1487, 350
TIS 1499, 96, 158, 350
TIS 2153, 158, 350
TIS 2154, 350
TIS 2328, 158, 308, 310

TIS 2328 6, 70, 102
TIS 2330, 70, 308, 31^ 350

TIS 2498, 177, 308, 310, 350

TIS 2525 6, 102
TIS 2529, 158
TIS 2532, 70, 158, 308, 310, 349, 350

TIS 2534, 158
TIS 2544, 158
TIS 3017, 70, 158, 308, 310, 349, 350

TIS 300, 70, 158, 308, 310, 349, 350

TIS 3032, 308, 310
TIS 3053, 158, 349, 350

TIS 3055, 308, 310
TIS 3247, 70, 308, 310, 350

TIS 3270, 350
TIS 3290, 70, 350
TIS 5016, 308, 310
TIS 5061, 70
TIS 5081, 308, 310
TIS 5125, 70
TIS 5239, 70
Today Early, 315
Travis, 349

UPCA 47, 253, 254, 256
USA-1, 308, 310
USA-1, 308, 310

Virginian, 315

W-13, 376
W-51, 343
W-71, 359, 360
W-77, 376
W-99, 360
W-115, 359, 360
W-119, 359, 360
W-125, 359, 360
W-138, 360
W-149, 359, 360
W-151, 360
W-152, 360
W-154, 359, 360
W-155, 360
W,178, 376
Wariayapola, 308, 310
White Holland, 317
White Jewel, 376
Wildebeest (55-17-1), 302