

*La Revue
Internationale
sur Bananiers
et Plantains*

info Musa

*Pourquoi
cultiver des
bananiers
à bière ?*

*Nouvelle
méthode pour
produire des
suspensions
cellulaires*

*Culture de
Mycosphaerella*

*Résultats de
l'enquête
lecteurs*

*L'INIBAP
à 20 ans : un
peu d'histoire*

*Vol. 14 N° 1
Juin 2005*



Editeur :
Réseau international pour l'amélioration
de la banane et de la banane plantain
(INIBAP)

Directrice :
Claudine Picq

Rédactrice en chef :
Anne Vézina

Comité de Rédaction :
Jean-Vincent Escalant, Charles Staver, Jose
Mauricio Rivera, Sebastiao de Oliveira e
Silva, Jorge Sandoval, Jean-Pierre Busogoro,
Catherine Abadie

Mise en page :
Crayon & Cie
Imprimé en France
ISSN 1023-0068
Rédaction : INFOMUSA, INIBAP, Parc
Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier
Cedex 5, France. Téléphone : + 33-(0)4 67
61 13 02 ; Télécopie : + 33-(0)4 67 61 03 34 ;
Courrier électronique : inibap@cgiar.org
L'abonnement est gratuit pour les pays en
développement. Les lecteurs sont invités à
envoyer lettres et articles. La rédaction se
réserve le droit d'abrégé ou de reformuler
les textes publiés pour des raisons de
clarté et de concision. INFOMUSA ne peut
s'engager à répondre à toutes les lettres
reçues, mais s'efforcera de le faire dans
un délai raisonnable. La reproduction de
tout extrait du magazine est autorisée à
condition d'en spécifier l'origine.
INFOMUSA est également publié en anglais
et en espagnol. Une version électronique
est disponible à l'adresse suivante : http://www.inibap.org/publications/infomusa/infomusa_fre.htm
Changement d'adresse : Merci d'en
informer la rédaction d'INFOMUSA à
l'adresse indiquée ci-dessus avec si
possible six semaines de préavis afin
d'éviter toute interruption de réception de
la revue.

Les opinions émises dans les articles
n'engagent que leurs auteurs et ne
reflètent pas nécessairement le point
de vue de l'INIBAP.

La mission de l'INIBAP est d'accroître de
façon durable la productivité des bananiers
et des bananiers plantain cultivés sur de
petites exploitations pour la consommation
locale et pour les marchés d'exportation.
L'INIBAP est un réseau de l'Institut inter-
national des ressources phytogénétiques
(IPGRI), un centre *Future Harvest*.

InfoMusa

Vol. 14 N° 1

Photo de couverture :
Vendeur de fruits aux Philippines
(A. Javellana)



Sommaire

A quoi tient la préférence pour la banane à bière ? L'exemple du Rwanda <i>S.V. Gaidashova, S.H.O. Okech, C.S. Gold et I. Nyagahungu</i>	2
Évaluation agronomique, de production et de qualité de 'Yangambi km 5' (AAA) et 'Dátil' (AA) <i>A. Vargas et J.A. Sandoval</i>	6
Obtention d'hybrides de bananiers et bananiers plantain à Cuba <i>T.R. Pedraza, L. González Díaz, J. de la C. Ventura Martín, S. Rodríguez Morales et J.R. Gálvez Guerra</i>	11
Nouvelle méthodologie pour l'établissement de suspensions cellulaires de 'Grande naine' (AAA) <i>B. Chong Pérez, R. Gómez Kosky, M. Reyes Vega, I. Bermúdez Carballoso, J. Gallardo Colina, M. Freire Seijo, L. Posada Pérez, I. Herrera O'Farril et R. Swennen</i>	13
Effet d'un analogue de brassinostéroïde sur des plantules de FHIA-18 exposées à un stress thermique <i>J. L. González-Olmedo, A. Córdova, C. E. Aragón, D. Pina, M. Rivas et R. Rodríguez</i>	18
Optimisation des conditions de culture de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet <i>M. Puch-Ceh, K. García-Sosa et L. Manuel Peña-Rodríguez</i>	21
Effet de la lumière et de la circulation de l'air sur la sporulation et la croissance de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> <i>E. Etebu, C. Pasberg-Gauhl, F. Gauhl et L. Ayibo Daniel-Kalio</i>	24
Conception de programmes de formation des agriculteurs basés sur une approche participative <i>C. Staver</i>	26
Le point sur la création de l'INIBAP	32
Le point sur la collection de <i>Musa</i>	34
Le point sur l'IPGRI	36
Le point sur INFOMUSA	38
Thèses	39
Nouvelles des <i>Musa</i>	44
Forum	47

Dans le cadre d'une réévaluation et d'une restructuration majeure de sa stratégie, l'IPGRI a lancé le Programme 'Commodities for Livelihoods', qui regroupera les activités en cours sur le cacaoyer, le cocotier, le bananier et le bananier plantain. L'INIBAP garde son nom et son identité, ce qui n'est que normal pour une organisation qui aura 20 ans cette année, et continuera à travailler au travers des partenariats et projets existants, tout en en développant de nouveaux. Le nouveau programme offre la possibilité de partager des expériences ayant trait à ces produits de base et de développer une approche plus efficace dans l'utilisation de leur diversité pour améliorer les moyens de subsistance des habitants des pays en développement.

Avant que la nouvelle structure ne devienne opérationnelle en janvier 2005, l'IPGRI a commandé une revue externe de ses travaux sur les produits de base. Cette revue externe (CCER) a examiné, de manière indépendante, les activités réalisées sur les trois produits de base entre mars 2000 et fin 2004. La revue s'est également intéressée à l'intégration de ces trois produits de base au sein du programme. Une enquête auprès des partenaires a joué un rôle important par l'information qu'elle a fournie au panel sur la perception qu'ont nos partenaires de notre travail. Nous voudrions saisir cette occasion pour remercier toutes les personnes qui ont pris le temps de répondre à cette enquête. Les principaux résultats sont présentés dans la section *Le point sur...*

Le panel a fait l'éloge du travail de l'IPGRI sur les trois produits de base et émis un certain nombre de recommandations sur l'envergure et le rôle du nouveau programme et sur la manière de maximiser les bénéfices du travail en réseau, qui est central pour atteindre nos objectifs. Le panel a également vanté les mérites des produits d'information de l'INIBAP. Comme la majorité des lecteurs qui ont répondu à notre enquête (voir la section *Le point sur...*), le panel a fait l'éloge d'INFOMUSA, mais s'est différencié d'eux en recommandant qu'INFOMUSA ne devienne pas un journal à comité de lecture. Il a cependant recommandé que l'INIBAP établisse un système permettant de vérifier l'exactitude des informations publiées dans INFOMUSA.

Cette recommandation correspond bien à notre désir d'atteindre les standards scientifiques de base tout en laissant INFOMUSA accessible aux auteurs qui, par manque de soutien financier ou institutionnel, éprouvent des difficultés à publier leurs travaux dans des revues à comité de lecture. Plutôt que de refuser d'emblée certains articles, nous préférons travailler avec les relecteurs et les auteurs pour améliorer la qualité des articles soumis. Même quand nous décidons de refuser un article, nous essayons d'offrir des avis sur ce qui doit être amélioré, au cas où les auteurs voudraient refaire la recherche en question ou soumettre une version révisée ailleurs.

Une revue critique faite par des collègues chercheurs est l'un des moyens les plus importants par lesquels des hypothèses erronées sont remises en question et des méthodes de recherche améliorées. Si INFOMUSA devenait un journal à comité de lecture, une masse considérable de recherches réalisées sur *Musa* ne serait plus exposée à cette forme d'examen. Les progrès pourraient bien être plus lents puisque moins de gens seraient en mesure de publier leurs résultats et moins d'idées seraient partagées et confrontées aux opinions des autres. Nous vous recommandons vivement de faire plein usage de la section *Forum*, que nous avons créée pour offrir un espace pour les critiques constructives et débattre des problèmes qui surviennent, comme cela a été récemment le cas avec la question de la profondeur de plantation.

Beaucoup des lecteurs qui ont répondu à l'enquête sur INFOMUSA aimeraient voir plus d'articles sur des recherches appliquées. La section *Le point sur...* est aujourd'hui la seule partie d'INFOMUSA pour laquelle nous sollicitons des articles et nous le faisons parce que nous n'avons reçu à ce jour que peu d'articles destinés à cette nouvelle section. Si vous voulez vraiment nous voir guider le contenu d'autres sections en sollicitant, par exemple, des articles sur des sujets plus appliqués, nous pouvons tester la faisabilité de cette idée. Enfin, INFOMUSA est votre journal, alors que ce soit un commentaire, un article technique ou scientifique, ou une lettre à l'éditeur, continuez à envoyer vos contributions ! et tous nos remerciements à ceux d'entre vous qui ont rempli le questionnaire à l'attention des lecteurs.

La rédaction

A quoi tient la préférence pour la banane à bière ? L'exemple du Rwanda

S.V. Gaidashova, S.H.O. Okech, C.S. Gold et I.Nyagahungu

Le Rwanda est l'un des principaux producteurs de bananes dans la région des Grands Lacs, en Afrique de l'Est, et a l'un des taux de consommation les plus élevés. La banane occupe 23% des terres arables et représente plus de 50% de la production agricole annuelle, exprimée en poids frais (Mpyisi *et al.* 2000). La banane est à la fois une culture vivrière et une culture de rente pour la plupart des producteurs et constitue, en tant que telle, un élément essentiel de la sécurité alimentaire au Rwanda. C'est aussi la principale source de revenus des paysans, dans certaines des zones agricoles les plus productives du pays. La culture se fait essentiellement sur de petites parcelles. Un grand nombre de clones sont cultivés, notamment les cultivars locaux de banane à cuire et à bière des hautes terres d'Afrique de l'Est (AAA-EAHB) et les cultivars introduits de banane à bière (AB, ABB) et de banane dessert (AAA, AB). Durant les quinze dernières années, les cultivars de banane à bière ont dominé la production de bananes (passant de 67% to 71% au détriment des bananes dessert) (*Food Security Research Project* 2000).

La prédominance du bananier à bière fait débat. Du fait de la forte pression démographique, l'utilisation des terres et la production alimentaire sont des préoccupations de premier plan. Quelques responsables du ministère de l'Agriculture ont ainsi prôné le remplacement de la banane à bière par la banane à cuire et/ou des cultures annuelles de plantes alimentaires plus nutritives. Manifestement, les facteurs ayant influencé la diffusion de la banane à bière et un regain d'intérêt pour cette culture dans la communauté paysanne doivent être sérieusement pris en considération lorsque des décisions sont prises par les pouvoirs publics. Autrement dit, est-ce que la banane à bière présente un avantage, en termes de revenu, par rapport aux autres cultures de rente pour les pauvres vivant en milieu rural ? Remplacer la banane à bière par d'autres cultures de rente a des conséquences économiques et environnementales qui n'ont pas été bien analysées alors qu'actuellement l'ambition d'une politique agricole régionale est de mettre de plus en plus l'accent sur les cultures donnant des produits commercialisables et les possibilités de générer des revenus pour les petits exploitants. Il est nécessaire de mettre en équation les politiques agricoles du gouvernement avec les besoins en sécurité alimentaire, les revenus des

ménages ruraux, les valeurs culturelles et les préoccupations environnementales.

Pour aborder quelques unes de ces questions, le programme banane de l'Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda (ISAR) et l'Institut international d'agronomie tropicale (IITA) ont fait une évaluation participative en milieu rural dans les grandes zones de production de la banane. Le principal objectif était de cerner quelle rentabilité relative offrent les diverses cultures possibles, de l'avis des exploitants. Les informations obtenues avec cette étude servent actuellement à élaborer la stratégie de recherche nationale sur la banane.

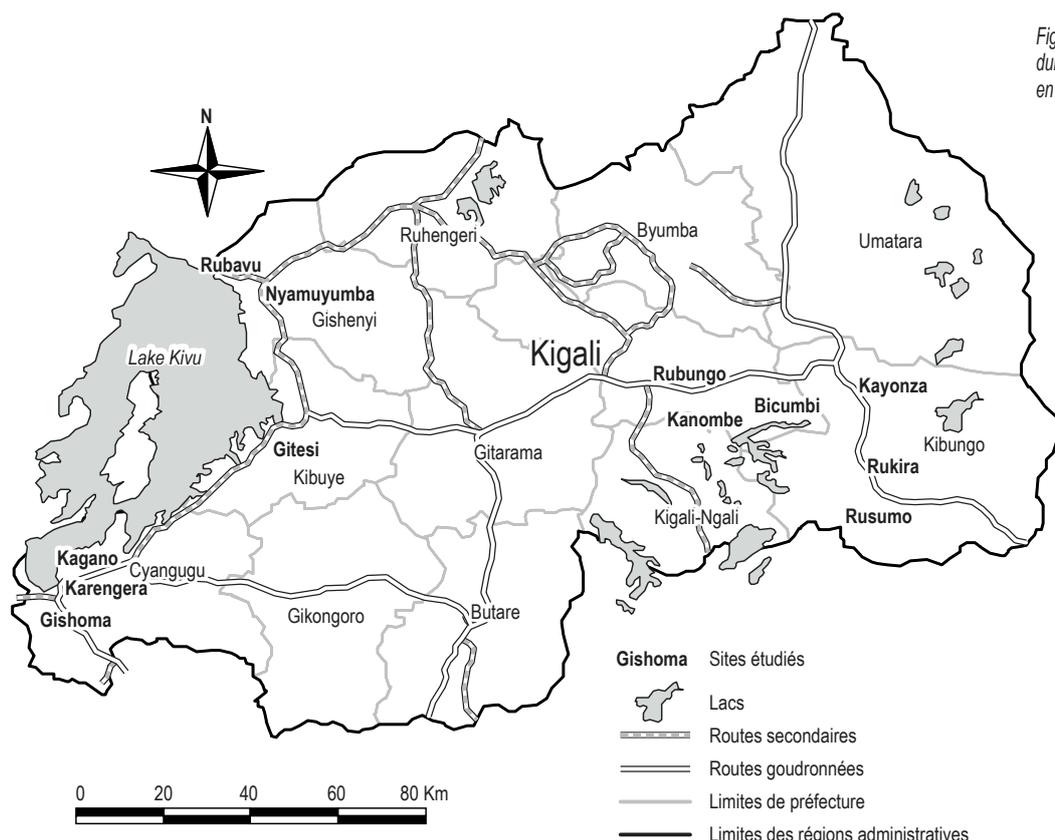
Matériel et méthodes

L'évaluation participative en milieu rural a été effectuée en novembre et décembre 2000 dans trois villages situés dans chacune des quatre grandes régions productrices de bananes du Rwanda : Cyangugu (dans le sud-ouest), Kibungo (dans le sud-est), région de Kigali (dans le centre du pays) et région bordant le lac Kivu (dans le nord-ouest) – soit au total 12 sites (figure 1). Ce travail d'évaluation a été réalisé par une équipe pluridisciplinaire comprenant des spécialistes de la culture de la banane, de l'économie sociale et des opérations après récolte. Il comportait des entretiens en groupe et avec des personnes détenant des informations indispensables, ainsi que des visites dans les exploitations.

Dans chaque site, l'entretien en groupe était le principal moyen de collecter l'information. Les responsables régionaux de la vulgarisation agricole s'étaient mis en rapport avec les chefs des communautés locales pour que ceux-ci réunissent les groupes devant rencontrer l'équipe de l'ISAR en charge de l'étude afin de discuter des questions agricoles. De ce fait, les participants représentaient un échantillon de villageois où les producteurs de bananes n'étaient pas sur-représentés. Les groupes comprenaient 30 à 154 exploitants.

Les entretiens en groupe étaient en partie structurés et menés dans les langues locales. Les équipes menant ces entretiens ont sollicité l'avis du plus grand nombre possible de paysans pour éviter que certaines personnes ne monopolisent la parole. Quand cela était nécessaire, un effort particulier a été fait pour connaître l'opinion des femmes. A chaque fois que cela était possible, un consensus a été dégagé. Quand cela n'était pas le cas, il a été procédé à un décompte à main levée pour évaluer les différentes opinions.

Figure 1. Sites de culture de la banane, étudiés durant l'évaluation participative en milieu rural en 2000.



Il a été demandé aux participants d'énumérer tous les cultivars bananiers par utilisation et par type. Ils ont ensuite discuté de l'importance, des avantages et des inconvénients de chaque cultivar et des critères auxquels ils se fient pour décider quel cultivar ils vont cultiver. Pour connaître l'opinion des paysans sur la politique des pouvoirs publics favorable à l'abandon de la culture de la banane à cuire, de cultures vivrières annuelles ou du café, et appréhender les effets que ce changement entraînerait pour eux, nous leur avons d'abord demandé quelles cultures offraient le meilleur prix à la ferme et lesquelles étaient les plus rentables. Ensuite, nous leur avons demandé pourquoi ils préféraient les bananes à cuire aux bananes à cuire, étant donné que les régimes de banane à cuire rapportent plus d'argent à la vente. Nous leur avons également demandé quelle incidence aurait pour eux le remplacement de la banane à cuire par d'autres cultures. Les descriptions détaillées des sites et les méthodes utilisées sont présentées dans Okech *et al.* (2004).

Résultats

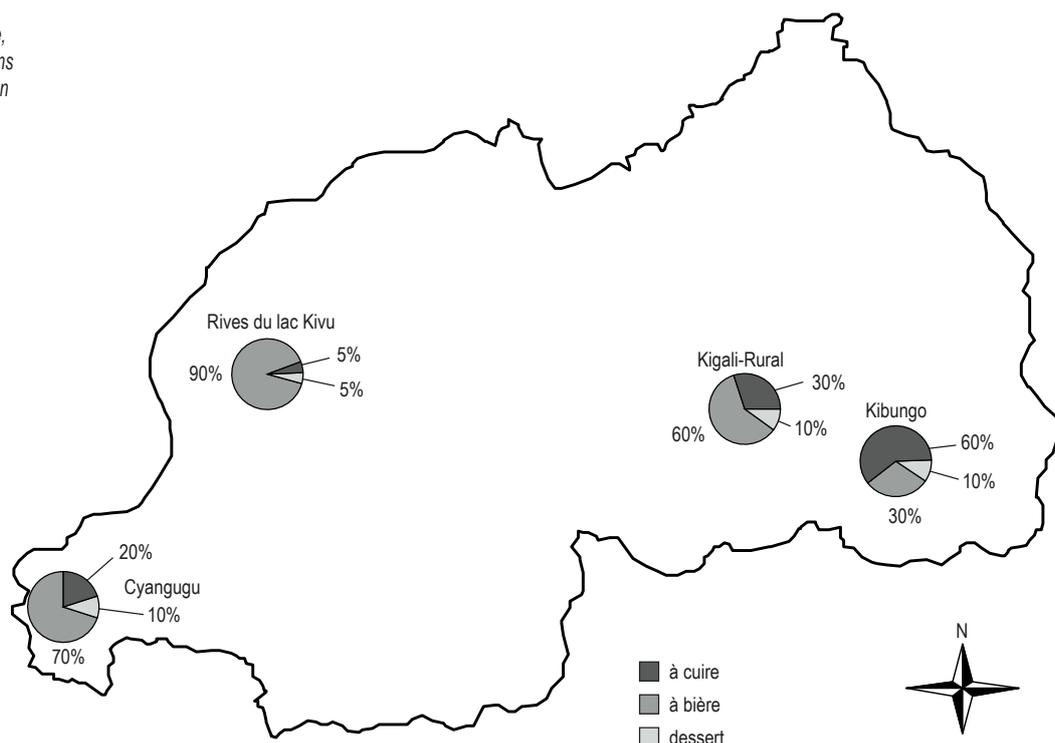
Les bananiers à cuire sont les cultivars les plus courants dans trois zones de production : au bord du lac Kivu (85 à 90% des cultivars), région de Cyangugu (60 à 80%) et région de Kigali (60 à 70%). Dans la région de Kibungo, les bananiers à cuire prédominent tandis que les bananiers à

bière représentent 20 à 30% des cultivars (figure 2). Les bananiers dessert ne représentent jamais plus de 10% des cultivars.

Les proportions des différents types de banane, dans chaque région et sur chaque site, sont influencées par l'état du marché, les préférences culinaires, la sécurité alimentaire et la performance relative des cultivars pour tout un ensemble de critères. Les bananes à cuire sont largement perçues comme mal adaptées pour résister aux contraintes, telles que des pluies imprévisibles, la sécheresse, la baisse de la fertilité des sols, l'intensification des systèmes de culture (par exemple, des cultures associées) induite par la pression foncière et la conduite négligée des exploitations. Les bananes à cuire exigent par ailleurs une infrastructure commerciale bien développée, du fait de leur brève durée de conservation et en l'absence d'une demande pour des produits transformés. En conséquence, les bananes à cuire prédominent seulement là où elles sont l'élément de base de l'alimentation ou dans les sites bénéficiant d'un bon accès au grand marché de Kigali. A Kibungo, où les sols tendent à être plus fertiles (Lassoudière *et al.* 1989) et où les paysans peuvent facilement écouler leur production de bananes à cuire sur Kigali, celles-ci l'emportent.

En revanche, les bananes à cuire sont considérées comme supportant mieux que les bananes à cuire les conditions de culture défavorables et les pratiques culturelles

Figure 2. Proportions des bananes à bière, à cuire et dessert cultivées dans les régions étudiées durant l'évaluation participative en milieu rural en 2000.



médiocres. De plus, elles paraissent mieux adaptées aux infrastructures commerciales peu développées car la bière qu'elles produisent a une plus longue durée de conservation et la demande pour la banane à bière est plus forte que pour la banane à cuire. Les exploitants disent aussi que les bananiers à bière introduits (ABB) donnent de meilleurs résultats sur les sols pauvres que les cultivars AAA-EAHB (de bananes à cuire comme de bananes à bière). Les bananiers à bière ABB et AB semblent effectivement donner une production supérieure sur les sols pauvres en éléments nutritifs. Les concentrations en éléments nutritifs des feuilles publiées par Lahav (1995) montrent que les bananiers ABB ont des concentrations nettement plus faibles (15% de moins de N et 50% de moins de K) que les cultivars AAA. De même, Bosch *et al.* (1996) ont trouvé dans les feuilles des concentrations en éléments nutritifs bien plus faibles (jusqu'à 23% de moins de N et 50% de moins de K) dans le bananier à bière AB dénommé 'Kisubi'.

Les paysans ont répertorié quatorze critères auxquels ils se réfèrent pour le choix du cultivar. Il y a notamment la taille du régime, signe d'un rendement élevé (12 sites), le goût pour les bananes à cuire et les bananes dessert (12 sites), la qualité du jus que donnent les bananes à bière (10 sites), les possibilités de commercialisation (7 sites), la résistance aux ravageurs et aux maladies (7 sites), les utilisations multiples (6 sites), la longévité de la bananeraie (5 sites), la taille des doigts pour les bananes à cuire (3 sites), la tolérance aux sols pauvres (3 sites), la

vitesse de maturation (3 sites), l'offre de matériel de plantation (2 sites), la résistance à la chute du plant (2 sites), la qualité du vin produit par les bananes à bière (1 site) et la tolérance aux cultures associées, pour ce qui est des bananes à cuire (1 site).

Commercialisation

Dans les régions étudiées, 80% des régimes de banane à bière sont transformés en bière dans l'exploitation et vendus à des consommateurs locaux ou des intermédiaires. Les 20% restants sont vendus à des brasseurs locaux. La consommation de bière de banane est répandue à Kigali, Cyangugu, Kibuye et Gisenyi. Gikongoro est le principal débouché pour les bananes à bière et la bière produite dans la région voisine de Cyangugu. Une partie de la bière produite dans la région bordant le lac Kivu est également vendue à Kigali.

Kigali est le principal marché du pays pour les bananes à cuire. La plupart des bananes vendues dans la capitale viennent des régions autour de Kibungo et Kigali rural. Les bananes produites dans la région de Cyangugu sont destinées au marché plus petit, mais important, de la ville de Cyangugu tandis que les paysans de la région bordant le lac Kivu approvisionnent les marchés de Kibuye et Gisenyi. Une petite quantité de bananes à cuire produites dans la région de Cyangugu et la région bordant le lac Kivu est dirigée sur Kigali qui est également le premier marché des bananes dessert.

Les prix à la sortie de l'exploitation d'un régime de bananes à cuire de 20 kg se situent entre 800

et 3000 francs rwandais (1 US\$ = 450 francs) tandis que, pour les bananes à bière, ils vont de 100 à 800 francs. Les prix tendent à être plus élevés dans les sites où les infrastructures commerciales et routières sont développées (comme autour de Kigali). Bien que les prix de vente des bananes à cuire soient supérieurs, les exploitants, sur neuf sites, ont indiqué que les bananes à bière sont plus rentables et constituent la culture de rente contribuant le plus aux revenus du foyer. Ils expliquent cette rentabilité plus élevée par les éléments suivants :

1) les exigences relatives à la taille du régime sont moins rigoureuses pour les bananes à bière que pour les bananes à cuire et dessert ; 2) du fait des normes moins strictes, les bananes à bière peuvent s'accommoder d'une conduite allégée et d'une quantité moindre d'intrants et sont donc moins chères à produire ; 3) les bananes à bière peuvent être cultivées sur des terres marginales, supporter la sécheresse et d'autres conditions de culture défavorables et avoir un rendement appréciable tout au long de l'année, fournissant ainsi un revenu régulier ; 4) les bananes à bière sont facilement disponibles et ont un marché plus large que les autres cultures ; 5) les produits de transformation (jus, vin et bière) ajoutent de la valeur à la culture et dégagent par conséquent des marges bénéficiaires plus importantes (les 11 bouteilles de bière qui peuvent être obtenues à partir d'un régime de 20 kg se vendent à environ 1100 francs) ; et 6) les produits qui peuvent être stockés pendant de longues périodes se transportent plus facilement sur de longs trajets et bénéficient de coûts de transports moindres.

Sur les sites des régions de Cyangugu, de Kigali rural et de la région bordant le lac Kivu où la banane à bière est importante, les exploitants ont exprimé leur réticence à renoncer à celle-ci au profit de la banane à cuire ou d'autres cultures. Premièrement, les bananiers à cuire requièrent des sols plus fertiles, une conduite plus rigoureuse et davantage d'intrants, ainsi qu'un système de commercialisation et de transport bien organisé. La production de bananes à cuire comporte davantage de risques et procure moins de profits aux paysans, en particulier à ceux qui sont plus éloignés de Kigali. Les prix de vente plus élevés des régimes de bananes à cuire ne compensent pas ces inconvénients. Deuxièmement, les bananes à bière sont disponibles toute l'année et permettent une meilleure distribution des revenus que les cultures saisonnières. A titre d'exemple, bien que le maïs puisse procurer des revenus supérieurs, sa saisonnalité, sa sensibilité aux variations climatiques et la nécessité d'utiliser plus d'intrants le rendent moins attrayant. Le manioc et la patate douce peuvent supporter des conditions de production défavorables mais les revenus dégagés sont en général nettement inférieurs à ceux procurés par

la banane à bière tandis que le marché pour la pomme de terre, le sorgho et les légumes est très restreint. Troisièmement, la banane à bière est jugée préférable au café car celui-ci exige beaucoup plus d'intrants et est doté de structures commerciales désorganisées qui, de l'avis des paysans, pourraient difficilement absorber une hausse de la production tout en dégagant des marges bénéficiaires. La situation est différente à Kibungo où les sols sont plus fertiles et les paysans plus ouverts au changement.

Discussion

L'évaluation participative en milieu rural a confirmé que la banane à bière est prédominante dans les régions de Cyangugu, Kigali et dans la région bordant le lac Kivu tandis que la banane à cuire est la culture majeure à Kigungo, ce qui concorde avec les observations de Bart (1993) et Kangasniemi (1998). Ces dernières années, le ministère de l'Agriculture du Rwanda a exprimé son insatisfaction face à l'importance du bananier à bière qui, d'une certaine manière, occupe des terres qui pourraient être utilisées pour la culture de plantes alimentaires. De ce fait, quelques membres du ministère ont préconisé de réduire considérablement les superficies où la banane à bière est cultivée au profit de la banane à cuire et de cultures annuelles.

Notre étude conduit à penser que cela sera difficile à obtenir. Du point de vue des producteurs, la banane à bière reste la solution la plus intéressante. Néanmoins, nous recommandons d'étudier la rentabilité des différents types de bananes pour vérifier la validité de cette opinion. Il est possible que les paysans jugeraient les autres types de banane plus rentables si le marché était plus développé pour ces produits et s'ils bénéficiaient de l'accès au marché et des infrastructures nécessaires. Les paysans ne sont cependant pas convaincus par les préoccupations des pouvoirs publics relatives à la malnutrition, en faisant valoir qu'il y a des haricots (culture généralement associée à celle de la banane) et des féculents (le manioc et la patate douce).

Par ailleurs, il n'est pas prouvé que les exploitants soient particulièrement pauvres ou aient eu des problèmes de sécurité alimentaire dans les régions où le bananier à bière prédomine. Beaucoup utilisent les revenus procurés par la vente des bananes à bière pour s'acheter des haricots, du manioc, des patates douces et d'autres aliments riches en glucides. En revanche, les problèmes de pauvreté et de famine sont plus marqués dans les régions où les précipitations sont faibles (comme Umutara et Bugesera dans l'est du Rwanda). Dans ces régions, de nombreuses cultures, dont celle de la banane, sont marginales.

Il faut également prendre en considération les aspects environnementaux avant de préconiser le remplacement du bananier à bière par des cultures annuelles. L'érosion est un problème majeur au Rwanda et, sur les parcelles où la banane est cultivée en permanence, elle est trois fois moins importante que sur celles consacrées à des cultures annuelles (Lufafa *et al.* 2003).

Pour réaliser le souhait du gouvernement de réduire les terres dévolues au bananier à bière, diverses approches sont envisageables : 1) introduire des cultivars de bananiers à bière/à jus résistant aux maladies et offrant un rendement élevé et 2) promouvoir la recherche sur le marché et la planification pour faciliter l'acheminement à partir de régions éloignées, comme celle bordant le lac Kivu, vers le marché lucratif de Kigali, et encourager ainsi l'adoption des bananes à cuire. En outre, les paysans pourraient se mettre à d'autres cultures s'ils étaient assurés d'avoir des débouchés fiables. De meilleures infrastructures donneraient aux paysans plus de possibilités pour améliorer leurs moyens d'existence. Mais tant que ces questions ne seront pas abordées, il faut s'attendre à ce que beaucoup de paysans rwandais continuent à s'en remettre à la banane à bière.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Fondation Rockefeller d'avoir financé cette étude en accordant une subvention à l'IITA. Nous remercions aussi Piet van Asten et Rupert Best pour leurs commentaires critiques sur une version antérieure de cet article.

Références

- Bart F. 1993. Montagnes d'Afrique. Terres paysannes. Le cas du Rwanda. Centre d'études de géographie tropicale. Presses Universitaires de Bordeaux. Espaces tropicaux No. 7.
- Bosch C., A. Lorkeers, M.R. Ndile & E. Sentozi. 1996. Diagnostic survey: constraints to banana productivity in Bukoba and Muleba districts, Kagera region, Tanzania. Document de travail No. 8. Royal Tropical Institute, Amsterdam.
- Food Security Research Project. 2000. Production par préfecture, première saison, 1984-2000. Ministère de l'Agriculture, Rwanda, données non publiées.
- Kangasniemi J. 1998. People and bananas on steep slopes: Agricultural intensification and food security under demographic pressure and environmental degradation in Rwanda. PhD dissertation. Michigan State University. East Lansing, Michigan.
- Lahav E. 1996. Banana Nutrition. Pp. 258-316 in Bananas and Plantains (S. Gowen, ed.). Natural Resource Institute and University of Reading Department of Agriculture, Royaume Uni.
- Lassoudière A. 1989. Enquête diagnostique sur la culture bananière en préfecture de Kibungo. Vol. 1, ISAR-IRFA-CIRAD.
- Lufafa A., A.M. Tenywa, M. Isabirye, M.J.G. Majaliwa & P.L. Woome. 2003. Prediction of soil erosion in Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal Soil Loss model. *Agricultural Systems* 76: 883-894.
- Mpyisi E., J.B. Nyarwaya & E. Shyngiro. 2000. Statistiques agricoles: production agricole, élevage, superficies et utilisation des terres. Année agricole 2000. MINAGRI-FSRP-USAID. 43 pp.
- Okech S.H., S.V. Gaidashova, C.S. Gold, I. Nyagahungu & J.T. Musumbu. 2004. The influence of socioeconomic and marketing factors on banana production in Rwanda: Results from a Participatory Rural Appraisal. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* (sous presse).

Évaluation agronomique, de production et de qualité de 'Yangambi km 5' (AAA) et de 'Dátil' (AA)

A. Vargas et J.A. Sandoval

Le bananier dessert 'Yangambi km 5' (AAA) est connu en République démocratique du Congo, son pays d'origine (Daniells *et al.* 2001a), sous le nom de 'lbota' qui signifie 'beaucoup de petits fruits' (Daniells et Bryde 1995). Ses fruits ont une saveur légèrement acide et agréable (Daniells et Bryde 1995, Menon 2000). Grâce à sa résistance à la maladie des raies noires (causée par *Mycosphaerella fijiensis*), à la maladie de Sigatoka (causée par *Mycosphaerella musicola*), au nématode (*Radopholus similis*) et éventuellement au charançon noir du bananier (*Cosmopolites sordidus*), ce cultivar a été distribué dans de nombreux pays afin d'y être étudié et évalué (Daniells et Bryde 1995).

Le bananier dessert 'Dátil' (AA) est un cultivar originaire de Malaisie (Daniells *et al.* 2001b) très commercialisé dans les pays du Sud-est asiatique. Il est appelé 'Baby banana' ou 'Lady finger' au Costa Rica et connu sous le nom de 'Pisang mas' en Indonésie et en Malaisie (Valmayor *et al.* 1990), 'Sucrier' en Australie (Daniells 1986), 'Bocadillo' en Colombie (Buitrago *et al.* 1994) et 'Titiaro' au Venezuela (Haddad et Borges 1974). Ses fruits ont une pulpe de couleur blanc-jaune, douce, tendre, très sucrée et très parfumée. La peau est très fine et sa cuticule très sensible aux lésions, ce qui rend difficile son transport et sa conservation. Ses fruits atteignent des prix deux fois supérieurs à la valeur des bananes des meilleures marques. En dépit de son

importance croissante et du grand intérêt qu'il suscite au Costa Rica comme culture d'exportation, nous manquons de données agronomiques et relatives à la production de 'Yangambi km 5' et de 'Dátil'. En conséquence, l'objectif de la présente étude consistait à évaluer la croissance, la production et la qualité du fruit de ce type de musacées.

Matériels et méthodes

L'étude a été réalisée au *Centro de Investigación Agrícola 28 Millas*, qui appartient à la *Corporación Bananera Nacional* (CORBANA S.A.). Ce champ expérimental est situé dans la province de Limón, Canton de Matina, à 25 mètres d'altitude. La recherche s'est déroulée entre septembre 2000 et octobre 2002 et a couvert deux cycles de récolte. Le terrain qui a servi à l'expérience avait été semé jusqu'en 1990 de palmiers pêches (*Bactris gasipaes* K.) et n'avait plus été utilisé par la suite. Il est constitué de limon argileux (35.8% de sable, 34.9% d'argile, 29.2% de limon très fin), avec un pH de 6.2, une acidité extractible de 0.23, 2.2 % de matière organique, 27.7 cmol/L de Ca, 11.7 cmol/L de Mg, 0.96 cmol/L de K et une capacité d'échange cationique de 40.4 cmol/L.

Le matériel de plantation comprenait des rhizomes de 1 kg à 3 kg des cultivars 'Dátil' et 'Yangambi km 5'. Les deux matériels ont été répartis suivant un dispositif en randomisation totale avec six répétitions. La parcelle utile était constituée de 12 plants. Les plants ont été mis en place dans le champ espacés de 2.75 m entre des doubles sillons, de 1 m entre des lignes d'un même double sillon et de 2.15 m entre plants d'un même sillon pour une densité de 2480 plants/ha. La fertilisation a été la suivante : 22 g de 0-46-0 (N-P₂O₅-K₂O) par plant un mois suivant la plantation puis 47 g de 15-3-31 (N-P₂O₅-K₂O) par plant chaque mois jusqu'à la fin de l'essai.

Aucun traitement chimique n'a été appliqué pour lutter contre la maladie des raies noires. Le prélèvement de nématodes a été réalisé sur des rejets successeurs de plants de deuxième génération récemment fleuris. Cette opération a été répétée à deux reprises dans différents groupes de plants. Dans le premier groupe, on a prélevé neuf plants et dans le second, six de chaque cultivar. Aucun contrôle chimique n'a été effectué. Les dégâts causés par les larves de charançon ont été observés dans des plants récemment récoltés des premier (68 et 41 plants) et second (68 et 31 plants) cycles de production de 'Yangambi km 5' et de 'Dátil' respectivement, en appliquant la méthode de Villardebó (1973).

L'ensachage du régime a été réalisé 15 jours après l'émission de l'inflorescence.

Seules les fausses mains ont été enlevées. La récolte a été effectuée 10 et 8 semaines après la floraison de 'Yangambi km 5' et 'Dátil' respectivement. Aucun tuteurage des plants n'a été réalisé sur les deux cultivars.

Les variables de croissance et de production mesurées étaient : le nombre de jours à la floraison, la hauteur (mesurée de la base à la zone de chevauchement des deux dernières feuilles sorties), la grosseur (mesurée dans le premier tiers de la hauteur du pseudotrunc à l'aide d'un calibre Vernier gradué en cm), le nombre de feuilles du pied mère à la floraison et à la récolte, le nombre de jours entre la plantation et la première floraison, le nombre de jours entre la première et la seconde floraisons, la hauteur du rejet successeur, le nombre de feuilles vraies du rejet successeur, le poids du régime et de la hampe, le nombre de mains et de fruits par régime, le diamètre du fruit central des deuxième, quatrième et sixième mains, la longueur du fruit central des deuxième, quatrième et sixième mains.

Les variables de qualité post-récolte du fruit mesurées dans le fruit central de la rangée externe du bouquet étaient la mesure Brix, la fermeté de la pulpe et la coloration de la peau. Ces données ont été obtenues à partir de la récolte de cinq plants par cultivar, dont chacun constituait une caisse emballée d'où l'on a pris deux bouquets pour les évaluations. Le test de Brix a été réalisé à l'aide d'un réfractomètre Atago, modèle Palette-PR 100 ; le test de fermeté à l'aide d'un pénétromètre Chatillon doté d'une extrémité en forme de dent dont la mesure est exprimée en Newton (N) équivalant à (m kg s⁻²). La couleur de la peau a été obtenue au moyen d'un colorimètre Minolta CR-200 et a été définie suivant l'espace couleur de Hunter (L, a, b) dans lequel L est une mesure de la clarté (allant de l'absence de reflet L=0 au point de reflet diffus parfait L=100). Les échelles a et b représentent respectivement l'opposition de couleur vert-rouge et l'opposition de couleur bleu-jaune. Les mesures post-récolte du fruit ont été réalisées dans le laboratoire de post-récolte de l'Université du Costa Rica sur des fruits provenant du second cycle de production.

Pour chaque parcelle de chaque cycle, une moyenne des données a été calculée. Ensuite, on a effectué une analyse de variance ANOVA par l'intermédiaire de la procédure PROC MIXED de SAS (1999-2001), en considérant comme aléatoires les interactions cultivar*bloc et cycle de production*bloc.

Résultats

Aussi bien pour 'Yangambi km 5' que pour 'Dátil', la hauteur et la grosseur du pseudotrunc ont augmenté dans la seconde génération.

Aucune différence n'a été constatée dans le nombre de feuilles au moment de la floraison et de la récolte, ni dans la hauteur et dans le nombre de vraies feuilles du rejet successeur entre la première et la seconde génération de chaque cultivar (tableau 1).

Chez 'Yangambi km 5', la hauteur et la grosseur du pseudotrunc étaient inférieures à celles de 'Dátíl' seulement dans la première génération. Aucune différence n'a été constatée dans le nombre de feuilles à la floraison et à la récolte, ni dans la hauteur, ni dans le nombre de vraies feuilles du rejet successeur aussi bien dans la première que dans la seconde génération. Le nombre de jours entre la plantation et la première floraison et entre la première floraison et la seconde est resté inchangé (tableau 1).

Dans la seconde génération, le poids du régime et de la hampe de 'Yangambi km 5' avait augmenté ainsi que le nombre de mains et de fruits et la grosseur du fruit central de la rangée externe des deuxième, quatrième et sixième mains avait diminué. Aucune différence entre les générations n'a été constatée dans la longueur du même fruit de ces mains (tableau 2). 'Dátíl' n'a présenté aucune variation entre les générations en ce qui concerne le poids du régime et du rachis et le nombre de mains, mais il avait davantage

de fruits dans le second cycle de production. Excepté la longueur externe du fruit central de la sixième main, on a constaté une diminution de la grosseur et de la longueur des fruits des mains observées (tableau 2).

Les deux cultivars ne différaient pas entre eux au niveau du poids de la hampe ni en nombre de mains pour la première génération, mais 'Yangambi km 5' présentait des valeurs supérieures à celles de 'Dátíl' dans la seconde génération. Dans les deux cycles de production, 'Yangambi km 5' avait des fruits moins gros et plus longs que 'Dátíl' (tableau 2).

La pulpe du fruit du 'Yangambi km 5' était moins sucrée et plus ferme que celle du 'Dátíl' et sa peau était d'une couleur jaune moins intense que celle du 'Dátíl' (tableau 3).

'Yangambi km 5' possédait 2.1 et 2.6 fois plus de racines totales et fonctionnelles respectivement, que 'Dátíl' et 1.2 fois plus de racines fonctionnelles en pourcentage (tableau 4). Aucun nématode n'a été observé (*Radopholus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Meloydogine* spp., *Pratylenchus* spp) dans les racines des deux cultivars (tableau 4). Aucun charançon (*Cosmopolites sordidus*) n'a été trouvé dans le rhizome de 'Yangambi km 5', alors qu'il y en avait en faible quantité dans celui de 'Dátíl' (tableau 5).

Tableau 1. Moyennes des variables de croissance de 'Yangambi km 5' (AAA) et de 'Dátíl' (AA) durant deux cycles de production (n=6 parcelles).

	Cycle de production	Pseudotrunc		Nombre de feuilles		Nombre de jours		Rejet	
		Hauteur (m)	Grosseur (cm)	Floraison	Récolte	de la plantation à la première floraison	de la première floraison à la seconde	Hauteur (m)	Nombre de feuilles vraies
Yangambi km 5	1	2,2	11,8	12,0	8,3	280		2,1	8,0
Yangambi km 5	2	3,7	15,3	12,4	8,3		261	2,4	9,1
Dátíl	1	3,2	12,8	11,9	8,0	307		2,0	8,0
Dátíl	2	3,9	15,5	11,8	7,8		255	2,3	8,6
Erreur standard*		0,1	0,2	0,2	0,2	14,9	12,8	0,2	0,5
Pr> F Yangambi km 5	1 vs 2	0,0002	0,0005	0,2273	0,9169			0,1952	0,0717
Pr> F Dátíl	1 vs 2	0,0051	0,0012	0,7518	0,6590			0,3110	0,2656
Pr> F Yangambi km 5 vs Dátíl	1	0,0012	0,0457	0,8285	0,3041	0,2404		0,7919	0,9174
Pr> F Yangambi km 5 vs Dátíl	2	0,2984	0,5218	0,1168	0,1978		0,7706	0,5062	0,4139

*Erreur standard de la moyenne.

Tableau 2. Moyennes des variables de production de 'Yangambi km 5' (AAA) et de 'Dátíl' (AA) durant deux cycles de production (n=6 parcelles).

	Cycle de production	Poids du régime (kg)	Poids de la hampe (kg)	Nombre de mains	Nombre de fruits par régime	Diamètre du fruit central de la n ^{ème} rangée externe de la main (mm)			Longueur du fruit central de la n ^{ème} rangée externe de la main (cm)		
						Deuxième	Quatrième	Sixième	Deuxième	Quatrième	Sixième
Yangambi km 5	1	8,1	0,9	5,9	95	30,1	29,6	28,9	14,2	14,0	12,6
Yangambi km 5	2	11,7	1,2	8,3	165	28,0	28,0	27,9	14,4	14,0	12,8
Dátíl	1	11,0	1,0	6,5	122	33,6	31,9	30,4	13,3	11,9	10,4
Dátíl	2	9,7	0,9	7,2	150	30,4	29,1	28,7	12,1	10,9	10,0
Erreur standard*		0,49	0,06	0,26	7,6	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,20
Pr> F Yangambi km 5	1 vs 2	0,0062	0,0188	0,0014	0,0030	0,0033	0,0134	0,0563	0,3727	0,8970	0,4178
Pr> F Dátíl	1 vs 2	0,1518	0,5393	0,0717	0,0620	0,0008	0,0016	0,0110	0,0044	0,0172	0,2183
Pr> F Yangambi km 5 vs Dátíl	1	0,0139	0,3888	0,2064	0,0678	0,0006	0,0049	0,0150	0,0231	0,0014	0,0016
Pr> F Yangambi km 5 vs Dátíl	2	0,0459	0,0243	0,0438	0,2455	0,0021	0,0638	0,0649	0,0007	0,0003	0,0006

*Erreur standard de la moyenne.

Discussion

D'après Shepherd *et al.* (1986), les cultivars triploïdes sont en général meilleurs que les diploïdes en termes de vigueur, de productivité et d'acceptation, en particulier ceux qui sont cultivés à des fins commerciales. Dans la présente étude, bien que dans le premier cycle de production les plants de 'Dátíl' étaient plus vigoureux et plus productifs que ceux de 'Yangambi km 5', les observations postérieures ont concordé avec les déclarations des dits auteurs, à l'exception des variables relatives à la qualité du fruit, où 'Yangambi km 5' était inférieur à 'Dátíl'.

L'augmentation de la hauteur du plant, de la grosseur du pseudotrunc et du nombre de mains par régime observée chez les deux cultivars lors du deuxième cycle de production, s'est seulement traduite par une augmentation du poids du régime de 'Yangambi km 5' dû essentiellement à l'augmentation du nombre de fruits par régime ; les fruits étaient toutefois moins gros et de même longueur que ceux de la première génération. C'est ce qui les différencie des fruits de 'Dátíl', plus petits dans la seconde génération, et qui n'ont pas permis d'augmenter le poids du régime. Étant donné que les deux cultivars présentaient une quantité adéquate et identique de feuilles à la floraison et à la récolte, les différences en matière de productivité n'étaient pas dues à la maladie des raies noires.

Ainsi, l'amélioration de la vigueur de 'Dátíl', qui ne s'est pas traduit par une meilleure production, laisse penser que la production de ce cultivar tend à décliner, comme celle des bananiers plantain du type 'Faux corne' (AAB). Dans ces matériels (Perea 2003, Pantoja *et al.* 1995, Swennen *et al.* 1984), l'importance de ce déclin s'accroît au fur et à mesure des cycles de production. À ce sujet, Perea (2003) et Pantoja *et al.* (1995) indiquent que la cause de ce déclin est inconnue et suggèrent que l'affaiblissement du plant pourrait avoir un rapport aussi bien avec la présence de maladies, de charançons et de nématodes qu'avec des facteurs environnementaux ou de gestion agronomique. Néanmoins, compte tenu des conditions favorables tant agronomiques que sanitaires et climatiques dans lesquelles a été réalisée la présente étude, qui se reflètent dans la plus grande vigueur observée d'une génération à l'autre, il est peu probable que le déclin observé chez 'Dátíl' puisse être associé aux facteurs mentionnés précédemment. Cela pourrait être davantage le résultat d'un comportement spécifique du génotype, probablement lié à un système racinaire réduit.

Tableau 3. Détermination de degrés Brix, fermeté de la pulpe et couleur de la peau de 'Yangambi km 5' (AAA) et de 'Dátíl' (AA) (n=10 bouquets évalués).

	Brix (%)	Fermeté (N)	Couleur		
			L	a	b
Yangambi km 5	18,2 ± 0,5	4,4 ± 0,4	79,6 ± 0,5	-5,1 ± 0,5	49,8 ± 1,3
Dátíl	25,4 ± 0,5	3,6 ± 0,2	82,4 ± 0,7	-0,1 ± 0,6	55,8 ± 1,1
Pr > F	0,0001	0,0637	0,0087	0,0001	0,0075
Erreur standard*	0,5	0,3	0,4	0,4	0,9

*Erreur standard de la moyenne.

Tableau 4. Contenu (moyenne ± écart type) des racines de 'Yangambi km 5' (AAA) et de 'Dátíl' (AA) (n=15 plants).

	Racine totale (g)	Racine fonctionnelle (g)	Racine fonctionnelle (%)
Yangambi km 5	119 ± 27	112 ± 28	94 ± 2
Dátíl	57 ± 8	43 ± 4	76 ± 3

Tableau 5. Estimation du dégât (moyenne ± écart type) des larves des charançons dans 'Yangambi km 5' (AAA) et 'Dátíl' (AA) (n=68 plants dans les deux cycles de production pour 'Yangambi km 5' et n= 41 et 31 plants dans les cycles 1 et 2 respectivement pour 'Dátíl').

	Cycle de production	Infestation (%)	Degré de putréfaction
Yangambi km 5	1	0,0	0
Dátíl	1	2,8 ± 3,2	0
Yangambi km 5	2	0,0	0
Dátíl	2	2,7 ± 4,2	0

Le système racinaire, conjointement avec l'augmentation de la hauteur observée lors du second cycle de production, a augmenté la vulnérabilité du plant au chablis. Étant donné que le terrain n'avait pas été cultivé pendant une longue période, il est probable que cela ait eu un impact sur les populations de nématodes phytoparasites des musacées, et que cela explique l'absence de ces derniers dans les racines de 'Dátíl', un cultivar considéré comme sensible à *R. similis* (Stoffelen *et al.* 1999), *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* (Stoffelen *et al.* 1999, De Waele et Davide 1998) et *Pratylenchus coffeae* (Stoffelen *et al.* 1999). Toutefois, ce qui précède ne s'applique pas à 'Yangambi km 5', un cultivar considéré comme résistant à *R. similis* et à *P. coffeae* (Viaene *et al.* 2000, Sarah *et al.* 1996) ni dans le cas des charançons, auxquels les deux cultivars sont considérés comme résistants (Gold *et al.* 2002, Hasyim et Gold 1998).

La meilleure qualité du fruit de 'Dátíl' observée dans la présente étude, ainsi que sa plus grande popularité et son potentiel à l'exportation comme fruit frais (Buitrago *et al.* 1994, Jamaluddin 1990, Daniells 1986, Contreras 1982), laissent penser que, pour ce cultivar, il est nécessaire d'évaluer des stratégies de production plus intensives similaires à la technologie mise au point pour le bananier plantain (Belalcázar 1991, Vargas 1994). Cela impliquerait le recours à de hautes densités de plants, le renouvellement de la

plantation après chaque cycle de culture et un échelonnement des plants dans le temps, des pratiques dont l'application pourrait représenter pour 'Dátil', tout comme cela a été démontré pour le bananier plantain, une solution de gestion plus rentable et plus sûre que le système traditionnel de production pérenne.

Remerciements

Les auteurs remercient Marco Vinicio Sáenz MSc. du laboratoire post-récolte de l'université de Costa Rica ainsi que Mauricio Serrano pour leur aide.

Références

- Belalcázar S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Manual de Asistencia No. 50. Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Internacional para el Desarrollo, Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano. Cali, Colombia. 376pp.
- Buitrago L., G. Garcia & M. Arcilla. 1994. Mejoramiento de la producción de plátano. Segundo Informe Técnico 1984-1994. Instituto Colombiano Agropecuario, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Armenia, Colombia. 256pp.
- Contreras M. 1982. Identificación y caracterización de 16 clones de plátano en Tabasco. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 78pp.
- Daniells J. 1986. Banana cultivars in Australia. The Banana Bulletin (May/June):24-26.
- Daniells J. & N. Bryde. 1995. Un mutant demi-nain de 'Yangambi km 5'. INFOMUSA 4(2):16-17.
- Daniells J., C. Jenny, D. Karamura & K. Tomekpe. 2001a. Diversity of the genus *Musa*. Cultivated varieties AAA. Pp. 72 in *Musalogue*. A catalogue of *Musa* germplasm (E. Arnaud and S. Sharrock, eds). IPGRI/INIBAP, CTA, Cirad-FIhor, Montpellier, France.
- Daniells J., C. Jenny, D. Karamura & K. Tomekpe. 2001b. Diversity of the genus *Musa*. Cultivated Varieties AA. Pp. 49 in *Musalogue*. A catalogue of *Musa* germplasm (E. Arnaud and S. Sharrock, eds). IPGRI/INIBAP, CTA, Cirad-FIhor, Montpellier, France.
- De Waele D. & R. Davide. 1998. Nématodes à galle des bananiers et plantains. Parasites et ravageurs des *Musa*. Fiche technique No. 3. INIBAP. Montpellier, France.
- Gold C.S., B. Pinese & E. Peña. 2002. Pest of banana. Pp. 13-56 in *Tropical Fruits Pests and Pollinators* (E. Peña, L. Sharp and M. Wysoki, eds). CAB International. Wallingford, UK.
- Haddad O. & O. Borges. 1974. Los bananos en Venezuela. Estudio y descripción de clones de plátano y cambur. CONYCIT. Caracas, Venezuela. 105pp.
- Hasyim A. & C.S. Gold. 1998. Potential of classical biological control for banana weevil, *Cosmopolites*

sordidus Germar, with natural enemies from Asia (with emphasis on Indonesia). Pp. 59-71 in *Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa* (E. Frison, C.S. Gold, E. Karamura and R. Sikora, eds). International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Montpellier, France.

Jamaluddin S.H. 1990. Bananas and plantains in Malaysia. Pp.71-86 in *Banana and Plantain R&D in Asia and the Pacific* (R. Valmayor, ed.). International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Montpellier, France.

Menon R. 2000. Evaluation préliminaire d'introduction de bananiers au Kerala (Inde). INFOMUSA 9(2):27-28.

Pantoja A, L. Chyuan & L. Jang. 1995. Factores que causan la decadencia del platano. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 79(3-4): 187-193.

Perea M. 2003. Biotecnología Bananos y Plátanos. Editora Guadalupe Ltda. Bogotá, D.C., Colombia. 228pp.

Sarah J.L., J. Pinochet & J. Stanton. 1996. *Radopholus similis* Cobb, nématode parasite des bananiers. Parasites et ravageurs des *Musa*. Fiche technique No. 1. INIBAP. Montpellier, France.

Shepherd K., J.L. Loyola Dantas & E.J. Alves. 1986. Mejoramiento genético del banano. Pp. 1-19 in *Mejoramiento genético de banano y plátano en Brasil y Honduras* (S. Pons, R. Jaramillo & J. Pinché, eds). Unión de Países Exportadores de Banano, Panamá.

Stoffelen R., V.T. Tan, R. Swennen & D. De Waele. 1999. Host plant response of banana (*Musa* spp.) cultivars from Southeast Asia to nematodes. International Journal of Nematology 9(2):130-136.

Swennen R., G. Wilson & E. De Langhe. 1984. Preliminary investigation of the effects of gibberellic acid (GA₃) on sucker development in plantain (*Musa* cv. AAB) under field conditions. Tropical Agriculture 61(4):253-256.

Valmayor R.V., S. Silayoi, S. Jamaluddin, R. Kusumo & O. Pascua. 1990. Commercial banana cultivars in ASEAN. Pp. 23-32 in *Banana. Fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN* (H. Abdullah, E.B. Pantastico, eds). ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia.

Vargas A. 1994. Validación de tecnología de producción para alto rendimiento en el cultivo del plátano Curaré o Falso Cuerno (*Musa* AAB) en el Atlántico de Costa Rica (primera cosecha). CORBANA 19(42):17-24.

Viaene N., F. Duran, J. Dueñas, M. Rivera, D. De Waele & P. Rowe. 2000. Reacción de híbridos y genotipos naturales de *Musa* al ataque de los nematodos *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* en ambiente de casa de sombra in *Memorias XIV Reunión ACORBAT*. San Juan, Puerto Rico.

Villardebó A. 1973. Le coefficient d'infestation, critère d'évaluation du degré d'attaques des bananeraies par *Cosmopolites sordidus* Germar, le charançon noir du bananier. Fruits 28(6):417-426.

Les auteurs travaillent à
CORBANA S.A., Direction
des Recherches, Apdo 390-
7210, Guápiles, Limón,
Costa Rica. Courriel :
alfvarga@corbana.co.cr;
Jsandoval@corbana.co.cr

Obtention d'hybrides de bananiers et bananiers plantain à Cuba

T. Ramirez Pedraza, L. González Díaz, J. de la C. Ventura Martín, S. Rodríguez Morales et J. Gálvez Guerra

Le Programme d'amélioration génétique des bananiers et bananiers plantain au niveau mondial repose sur des croisements entre triploïdes commerciaux et diploïdes améliorés dont l'objectif est le développement de bananes plus productives, résistantes aux principales maladies (maladie de Sigatoka provoquée par *Mycosphaerella musicola*, maladie des raies noires provoquée par *Mycosphaerella fijiensis*, fusariose causée par *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*), et ravageurs (nématodes et charançons).

Depuis ces dernières années, plusieurs groupes de recherche au niveau mondial ont travaillé à augmenter la variabilité génétique, qui revêt une grande importance dans la sélection de clones présentant une productivité importante et résistants aux principales maladies (Lopez 1989).

La présente étude a été réalisée dans le but d'établir les combinaisons permettant l'obtention de nouveaux hybrides possédant des caractéristiques agronomiques souhaitables.

Matériel et méthodes

Ce travail a été effectué à l'Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) de Santo Domingo, à Cuba, durant la période allant de janvier 1995 à décembre 2003, à l'aide de techniques d'hybridation traditionnelles. Le tableau 1 présente le groupe génomique des géniteurs utilisés. Le *Musa balbisiana* utilisé est un diploïde sauvage de la collection de l'INIVIT qui provient du Vietnam et qui est très résistant au vent et aux principales maladies du bananier. Un total de 3500 croisements, représentant 17 combinaisons, a été réalisé.

Les géniteurs sélectionnés ont été plantés au champ en sillons alternés à une distance de 3.6 m x 2 m, sur un sol brun avec carbonates (Hernandez 1995). La gestion de la culture s'est faite selon les Instructions techniques sur la culture de la banane plantain (*Instructivo Técnico para el cultivo del plátano*, MINAGRI 1994).

Tableau 1. Nom et groupe génomique des géniteurs utilisés.

Géniteurs mâles	Géniteurs femelles
Paka (AA)	Highgate (AAA)
Pisang jari buaya (AA)	Hembra ¾ (AAB)
Calcutta 4 (AA)	Pelipita (ABB)
SH-3142 (AA)	Saba (ABB)
SH-3362 (AA)	Somaclone Saba (ABB)
<i>Musa balbisiana</i> (BB)	SH-3436-L9 (AAAA)

Dix mois après la plantation, au pic de floraison, les fleurs mâles qui portaient de nombreux sacs pollinifères ont été sélectionnées et leur pollen déversé sur le stigmate des fleurs femelles qui s'étaient ouvertes le matin même. Cette opération a été répétée au fur et à mesure que les fleurs s'ouvraient (Silva *et al.* 1997).

Les régimes pollinisés obtenus ont été récoltés quand ils ont atteint leur maturité physiologique. Ils ont été transférés en chambre de maturation, regroupés en fonction du schéma de croisement utilisé, en attente de la maturation complète. Les doigts ont été coupés longitudinalement pour en extraire les graines. L'opération de dépulpage des graines a été réalisée à l'aide d'un tamis de 3 mm de diamètre ; elles ont été passées à l'eau courante stable pour éliminer totalement la pulpe qui les enveloppait, puis transférées dans des flacons remplis d'eau distillée pour amorcer le processus de désinfection et dissection.

Les plantes régénérées ont été placées dans des sacs de polyéthylène ; le substrat employé était composé à 50% de sol et à 50% de matière organique («cachaza», déchets de canne à sucre) à demi décomposée, et quand elles ont atteint un stade de développement optimal elles ont été transférées au champ.

Pour déterminer les combinaisons les plus adéquates, il a été tenu compte du nombre de graines obtenues par croisement ainsi que de la valeur des descendance obtenues.

Résultats et discussion

Les premiers croisements ont impliqué des bananiers sauvages *Musa balbisiana* (BB) et *Musa acuminata* ssp. *malaccensis* (AA), qui ont été croisées avec des géniteurs femelles 'Highgate' et 'Hembra ¾'; les descendance obtenues ont montré une résistance à la fusariose et à la maladie des raies noires, cependant elles avaient hérité des défauts du géniteur mâle étant donné qu'elles présentaient des régimes asymétriques, des doigts courts et de nombreuses graines. Ces descendance ont été rejetées du fait qu'elles ne présentaient pas de valeur commerciale. Le tableau 2 présente le nombre de bonnes et mauvaises graines.

Croisement entre SH-3436-L9 et *Musa balbisiana* (BB)

L'amélioration génétique des bananes AAA et AAAA n'a pas donné de résultats satisfaisants.

Tableau 2. Moyenne des graines produites sur 20 régimes pollinisés par croisement effectué.

Géniteur femelle	Géniteur mâle	Nombre moyen de graines	
		Bonnes	Mauvaises
SH-3436-L9 (AAAA)	<i>Musa balbisiana</i> (BB)	0,0	1,5
SH-3436-L9 (AAAA)	Pisang jari buaya (AA)	0,0	3,0
SH-3436-L9 (AAAA)	Paka (AA)	0,0	4,6
Highgate (AAA)	SH-3142 (AA)	2,5	3,0
Highgate (AAA)	SH-3362 (AA)	1,0	4,5
Highgate (AAA)	Calcutta 4 (AA)	5,0	11,0
Highgate (AAA)	Paka (AA)	0,0	0,0
Hembra ¾ (AAB)	SH-3142 (AA)	0,0	18,0
Hembra ¾ (AAB)	SH-3362 (AA)	0,0	15,0
Hembra ¾ (AAB)	Calcutta 4 (AA)	0,0	11,0
Pelipita (ABB)	Pisang jari buaya (AA)	14,5	2,0
Pelipita (ABB)	Calcutta 4 (AA)	6,4	3,0
Saba (ABB)	Pisang jari buaya (AA)	3,7	7,5
Somaclone Saba (ABB)	Pisang jari buaya (AA)	2,9	5,3

Le tétraploïde 'SH-3436' (AAAA) est l'un des produits du programme d'amélioration de la *Fundacion Hondureña de Investigacion Agrícola* (FHIA). A partir de cet hybride, l'INIVIT a obtenu le variant somaclonal 'SH-3436-L9' par culture de tissus. Ce clone est issu de 'Highgate' tout comme un grand nombre de tétraploïdes obtenus par la FHIA. Lorsqu'il est utilisé comme géniteur femelle et pollinisé par un diploïde, ce mutant semi-nain de 'Gros Michel' (AAA) produit des gamètes non-réduites qui donnent lieu à des tétraploïdes.

En croisant SH-3436-L9 et *M. balbisiana*, il a été possible d'obtenir un petit nombre de graines (1 graine/régime) qui présentaient des endospermes et embryons anormaux et n'ont jamais germé. L'utilisation de ce géniteur mâle dans les premières étapes de l'amélioration génétique n'a pas donné de résultats prometteurs étant donné que les descendances obtenues n'ont pas survécu au processus de sélection ou ne présentaient aucune valeur agronomique.

En utilisant des espèces sauvages de *Musa acuminata*, Larter (1947) a obtenu des descendances tétraploïdes relativement satisfaisantes d'un point de vue commercial mais celles-ci avaient hérité des caractères non parthénocarpiques du géniteur mâle. La présence des graines constituant un caractère indésirable pour le consommateur, les tétraploïdes doivent être stériles au niveau de leurs caractères femelles.

Croisements entre SH-3436-L9 et 'Pisang jari buaya' et 'Paka'

Le croisement de SH-3436-L9 avec 'Pisang jari buaya' et 'Paka' a permis d'obtenir un nombre infime de graines, qui présentaient des endospermes et embryons anormaux et qui n'ont pas germé. Ceci peut être dû aux bouleversements physiologiques de la plante qui affectent la formation de la graine et qui n'ont encore pas été déterminés.

Croisements entre 'Highgate' et SH-3142 et SH-3362

Les croisements réalisés entre 'Highgate' et 'SH-3142' et 'SH-3362' n'ont permis d'obtenir qu'un très petit nombre de graines par régime fécondé (1 à 2 graines). Les descendances obtenues de ces croisements sont mortes en serre.

Croisements entre 'Highgate' et 'Calcutta 4' et 'Paka'

En utilisant 'Calcutta 4', on a obtenu des descendances tétraploïdes avec des fruits sans graines, mais très petits et des plantes naines, qui ont été écartées. Le croisement de ce cultivar avec 'Paka' n'a pas permis d'obtenir de semences.

Croisements entre 'Hembra ¾' et SH-3142, SH-3362 et 'Calcutta 4'

Quand 'Hembra ¾' a été croisé avec SH-3142 et SH-3362, le nombre de graines obtenues a été de 1 ou 2 par régime de même qu'avec la fécondation par 'Calcutta 4'. Les graines obtenues lors de ces croisements n'étaient pas viables.

Croisement entre 'Pelipita' et 'Pisang jari buaya'

L'amélioration génétique des bananes à cuire (ABB) a fait intervenir des croisements du cultivar 'Pelipita', résistant à la maladie des raies noires, à la fusariose et aux nématodes, avec 'Pisang jari buaya', qui est fortement résistant aux nématodes. Le résultat obtenu a été un tétraploïde de grande hauteur (plus de 3.5 m) avec de régimes de petite taille, des doigts asymétriques et une qualité inacceptable ; la date de floraison oscillait entre 15 et 18 mois après la plantation. Les plantes obtenues par ce croisement ont été rejetées du fait des caractéristiques des doigts et régimes et de leur grande hauteur. Par ailleurs, la résistance aux nématodes de 'Pisang jari buaya' a été transmise à la descendance.

Les tétraploïdes primaires probablement obtenus par ces croisements peuvent être utilisés comme géniteurs femelles pour les croiser avec des diploïdes de bananes améliorés pour obtenir des triploïdes secondaires et augmenter la diversité génétique.

Croisement entre 'Pelipita' et 'Calcutta 4'

En croisant 'Pelipita' et 'Calcutta 4', on a obtenu des produits présentant des feuilles épaisses et un aspect nain, qui n'ont pas survécu en serre. Apparemment, il s'agissait d'heptaploïdes ; cependant ceci n'a pas été vérifié.

Croisements entre 'Saba' ou un variant somaclonal de 'Saba' et 'Pisang jari buaya'

En croisant un variant somaclonal de 'Saba' avec 'Pisang jari buaya', il n'a été obtenu qu'un petit nombre de graines, qui présentaient des endospermes réduits avec des embryons anormaux et qui n'ont jamais germé.

Croisement entre un variant somaclonal de 'Saba' et SH-3362 et SH-3142

Lors du croisement d'un variant somaclonal de 'Saba' avec SH-3362, qui possède une grande résistance à la maladie des raies noires, on a obtenu un nombre de graines de 14.6 par régime pollinisé. Les graines obtenues comportaient des endospermes normaux et des embryons normaux. Ces graines ont été ouvertes en laboratoire et semées en milieu de culture, ce qui a donné 70 plants, dont 12 ont survécu en serre. Les autres plants ont été rejetés car ils présentaient des caractères indésirables, tels que des feuilles épaisses et des plantes naines. Les plantes transférées au champ étaient des tétraploïdes présentant des caractères acceptables au niveau du régime, héritées du géniteur mâle (pendulaires avec 8 ou 9 mains, 90 - 100 doigts/régime). Actuellement, ils sont cultivés au champ et en sont à leur deuxième cycle de récolte ; leur évaluation

continue ainsi que l'étude de leur possible valeur commerciale et de leur comportement face aux différents ravageurs et maladies qui affectent les cultures.

Le croisement entre un variant somaclonal de 'Saba' et SH-3142 a permis d'obtenir un total de 350 graines, dont 100 seulement se sont avérées viables ; les autres ont été éliminées car elles présentaient des embryons secs et anormaux. En moyenne, les régimes variaient entre 14 et 20 graines.

Références

- Hernandez A. 1995. Nueva Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos de Cuba, La Habana.
- Larter L.N.H. 1947. Report on banana breeding. Dep. Agric. Jamaica Bull.34:24.
- Silva S. de O., A.P. de Matos, E.J. Alves & K. Shepherd. 1997. Amélioration des bananiers diploïdes (AA) à l'EMBRAPA/CNPMP. INFOMUSA 6(2):4-6.
- MINAGRI. 1994. Instructivo Técnico para el Cultivo del Plátano.

Les auteurs travaillent à l'Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), Sto. Domingo, Apdo 6, Villa Clara, Cuba.

Nouvelle méthodologie pour l'établissement de suspensions cellulaires de 'Grande naine' (AAA)

B. Chong Pérez, R. Gómez Kosky, M. Reyes Vega, I. Bermúdez Carballoso, J. Gallardo Colina, M. Freire Seijo, L. Posada Pérez, I. Herrera O'Farril et R. Swennen

La plupart des groupes de recherche initient les suspensions cellulaires du cultivar 'Grande naine' (AAA) à partir de cals possédant des structures embryogènes obtenus de fleurs mâles immatures. Toutefois, cette méthode requiert de cinq à six mois et le pourcentage de cals à structure embryogène obtenu est faible (3-10%). En outre, après cette étape, le pourcentage d'établissement de suspensions cellulaires embryogènes n'excède pas 30%, une durée de deux mois étant nécessaire pour atteindre leur homogénéité. Les objectifs de ce travail ont été d'établir des suspensions cellulaires en cultivant, directement en milieu de culture liquide, des fleurs mâles immatures du cultivar 'Grande naine' et d'obtenir la formation d'embryons somatiques à partir de ces suspensions cellulaires et leur régénération en plantes.

Matériels et méthodes

Des fleurs mâles immatures du cultivar de bananier 'Grande naine' ont été utilisées comme matériel de départ. Les fleurs mâles immatures ont été extraites selon la méthode proposée par Escalant *et al.* (1994).

Influence du rang des fleurs mâles immatures sur l'initiation des suspensions cellulaires

Seules les fleurs mâles provenant des rangs 5 à 15 ont été utilisées. Dix fleurs mâles immatures provenant du même rang de dix bourgeons mâles ont été placées directement dans des Erlenmeyer de 50 ml de capacité contenant 5 ml de milieu de culture liquide MA1, des sels et vitamines MS (Murashige et Skoog 1962) auquel on a ajouté 4.09 µM de biotine, 5.7 µM d'acide indole-3-acétique (AIA), 18.1 µM d'acide 2,4-dichlorophénoxiacétique (2,4-D), 5.37 µM d'acide naphthalène acétique (ANA) et 87.6 mM de saccharose, le pH a été ajusté à 5.7 avant stérilisation avec 1 N de NaOH et 1 N de HCl (Escalant *et al.* 1994). Les Erlenmeyer ont été placés dans un agitateur orbital de modèle INFORS (HT), sous conditions d'obscurité constante, à une vitesse de 90 rpm et à une température de 27±0.2°C. La moitié du milieu de culture a été renouvelé tous les quinze jours jusqu'à ce que les cellules apparaissent ; à ce stade, le milieu de culture a été renouvelé chaque semaine.

Après 45 jours, on a évalué la formation ou non de structures globulaires de couleur jaune à la superficie des fleurs mâles

Suspensions cellulaires embryogènes

immatures. Après 70 jours de culture, la qualité des suspensions cellulaires établies a été évaluée en déterminant la viabilité cellulaire au moyen de diacétate de fluorescéine (FDA) et les comptages cellulaires en chambre de Neubauer ont été effectués. Ces évaluations ont été réalisées de façon semblable dans toutes les expériences.

Influence du milieu de culture sur l'initiation des suspensions cellulaires

Des fleurs mâles provenant des rangs 7 à 11 ont été utilisées ; dix fleurs mâles immatures de même rang ont été placées directement dans des Erlenmeyer de 50 ml de capacité, contenant 5 ml de milieu de culture. Le milieu de culture MA1 à l'état liquide a été comparé au milieu de culture décrit par Côte *et al.* (1996) pour l'établissement et la multiplication de suspensions cellulaires de bananiers (MA2) ; ce dernier était composé de sels et vitamines MS additionné de 4.09 μM de biotine, 4.5 μM de 2,4-D, 680 μM de glutamine-L, 100 mg/L d'extrait de malt et 130 mM de saccharose ; le pH a été ajusté à 5.3 avant stérilisation en autoclave. Les conditions de culture et les variables évaluées ont été identiques à celles de l'expérience précédente.

Multiplication des suspensions cellulaires embryogènes et formation d'embryons somatiques

Une période de 100 jours depuis le début de l'expérience s'étant écoulée, les suspensions cellulaires ont été tamisées à travers des filtres à maillage métallique avec des pores de 500 μm . Ces filtrages ont formé les suspensions cellulaires, qui ont été elles-mêmes transférées sur le milieu de culture MA2 pour leur maintien ou leur multiplication.

Deux cents microlitres de cellules sédimentées de trois lignées cellulaires différentes, toutes obtenues par la nouvelle méthode, ont été étalés dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre contenant le milieu de culture MA3 décrit par Côte *et al.* (1996) constitué de sels (Schenk et Hildebrandt 1972), vitamines MS, 680 μM de glutamine-L, 2 mM de proline-L, 1.1 μM d'ANA, 0.7 μM de N⁶-(2-isopentenyl) adénine, 0.5 μM de kinétine, 29 mM de lactose, 0.2 μM de zéatine, 100 mg/L d'extrait de malt, 130 mM de saccharose et gélifié avec 3 g/L de Gelrite ; le pH a été ajusté à 5.3 avant stérilisation.

Les boîtes de Pétri ont été scellées avec du Parafilm® et gardées à l'obscurité totale à une température de 27 \pm 2°C. Des observations quotidiennes ont été effectuées, à l'œil nu à partir du quinzième jour de culture afin d'estimer le moment où les premiers embryons somatiques apparaîtront. Le comptage des

embryons somatiques formés a été réalisé au 45^{ème} jour de culture sans réaliser de repiquages.

Les embryons somatiques formés ont été transférés sur le milieu de culture décrit par Gómez *et al.* (2000) pour maturation. Ce milieu de culture ci-après dénommé M4 contenait des sels et vitamines MS additionné de 4.09 μM de biotine, 2.22 μM de 6-benzylaminopurine, 1.1 μM de AIA, 130 mM de saccharose et 2 g/L de Gelrite ; le pH a été ajusté à 5.8 avant stérilisation. Les conditions de culture ont été l'obscurité totale à 27 \pm 2°C et les embryons ont été conservés sur ce milieu de culture durant 30 jours.

Les embryons somatiques matures ont été placés par la suite sur le milieu de culture de germination (M5) décrit par Gómez *et al.* (2000) et composé de sels et vitamines MS additionné de 4.1 μM de biotine, 1.1 μM de AIA, 0.2 μM de 6-benzylaminopurine, 0.01 mg/L de Biobras-6, 87 mM de saccharose et gélifié avec 2 g/L de Gelrite, le pH a été ajusté à 5.8 avant stérilisation en autoclave. Les flacons de culture avaient une capacité de 250 ml contenant 30 ml de milieu de culture. Ils ont été placés en chambres de croissance sous lumière naturel à une densité de flux photonique photosynthétique de 50 - 62.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ et à une température de 27 \pm 2°C.

SPSS 9 et StatGraphics Plus 4.1 ont été utilisés pour l'analyse statistique des données.

Résultats

Influence du rang des fleurs mâles immatures

Les fleurs mâles immatures cultivées directement en milieu de culture liquide ont réagi après deux semaines de culture. On a d'abord observé la phénolisation sur la zone de coupe et par la suite un épaississement des explants. La meilleure réaction a été observée dans les rangs 8 à 15, qui n'ont pas présenté de différence significative (tableau 1). Les rangs 5 et 6 n'ont pas donné de réponse satisfaisante, des nécroses totales du tissu ayant été observées dans la majeure partie d'entre eux. Après cinq semaines de culture, des structures globulaires jaunes, qui se sont rapidement détachées, ont été observées à la superficie des explants (figure 1A). On a observé des différences statistiques significatives entre le nombre d'explants qui ont formé ce type de structures dans les différents rangs étudiés (tableau 1). Les fleurs mâles immatures des rangs 7 à 11 ont donné le plus grand nombre d'explants avec formation de structures globulaires (70-90%), sans différence significative sur le plan statistique. Les explants des rangs 12 à 15 ont démontré

une croissance désorganisée, mais ont donné lieu à la formation de peu de ces structures.

Après dix semaines de culture, une turbidité a été observée au fond de tous les Erlenmeyer. En observant les échantillons au microscope classique grossissant 200 fois, on a pu apprécier la présence de petites cellules embryogènes, sphériques, ayant un contenu cytoplasmique dense, de granules d'amidon et de quelques agrégats embryogènes. On a également observé des cellules vacuolées.

Le comptage des agrégats cellulaires, des cellules isolées et des cellules vacuolées a indiqué que le rang 8 avait formé la quantité la plus élevée d'agrégats cellulaires embryogènes (2.98×10^5) et la quantité la plus faible de cellules vacuolées (1.36×10^5) (tableau 1). Les rangs 5 et 6 ont produit très peu de cellules tandis que les rangs 11 à 15 ont produit une grande quantité de cellules isolées et de cellules vacuolées, ce qui n'est pas souhaitable.

Influence du milieu de culture

Pour toutes les variables évaluées, des différences significatives ont été observées entre les traitements étudiant l'interaction entre le rang des fleurs mâles immatures et le type de milieu de culture (tableau 2). Les fleurs mâles immatures des rangs 8, 9, 10 et 11 cultivées sur le milieu de culture MA1, ainsi que celles de rang 10 sur le milieu de culture MA2, ont donné les meilleures réponses en ce qui concerne la formation de structures globulaires jaunes, 85% à 88% des explants ayant produit des structures globulaires jaunes.

Après dix semaines de culture, des cellules ont été observées dans tous les traitements. Le traitement donnant le meilleur résultat a été celui du rang 8 sur le milieu de culture MA1, où la quantité la plus élevée d'agrégats cellulaires embryogènes (3.11×10^5) et la quantité la plus faible de cellules vacuolées (1.26×10^5) par millilitre de milieu de culture (tableau 2) ont été observées. Ces résultats confirment

Tableau 1. Influence du rang des fleurs mâles immatures de 'Grande naine' (AAA) après 5 semaines de culture en milieu de culture liquide et composition des suspensions cellulaires après 10 semaines de culture (n=10).

Rang	% explants ayant grossi	% explants avec structures globulaires	Nombre ($\times 10^5$) de cellules isolées par ml de milieu de culture	Nombre ($\times 10^5$) de d'agrégats cellulaires par ml de milieu de culture	Nombre ($\times 10^5$) de cellules vacuolées par ml de milieu de culture
5	10 c*	0,0 b*	1,6 i**	0,1 g**	5,3 f**
6	10 c	7,5 b	2,2 h	0,1 g	4,5 g
7	80 b	72,5 a	8,6 e	2,4 b	2,5 i
8	90 ab	90,0 a	8,9 e	3,0 a	1,4 j
9	90 ab	90,0 a	1,2 c	1,7 c	2,1 h
10	100 a	70,0 a	15,2 b	1,8 c	5,4 f
11	100 a	87,8 a	18,3 a	1,3 d	7,4 e
12	100 a	17,5 b	14,9 b	1,2 d	11,3 d
13	100 a	2,5 b	11,0 d	0,5 e	17,2 c
14	100 a	2,5 b	6,6 f	0,5 e	24,5 b
15	100 a	2,5 b	5,6 g	0,3 f	26,4 a
ES	$\pm 5,2$	$\pm 4,2$	$\pm 5,4$	$\pm 1,0$	$\pm 8,0$

* Dans une même colonne, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0.05$ selon le test de Turkey.

** Dans une même colonne, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0.05$ selon le test C de Dunnett.

Tableau 2. Influence du milieu de culture et du rang des fleurs mâles immatures de 'Grande naine' (AAA) après 5 semaines de culture et composition des suspensions cellulaires au bout de 10 semaines de culture (n=10).

Rang	Milieu de culture	% d'explants ayant grossi	% d'explants avec formation de structures globulaires	Nombre ($\times 10^5$) de cellules isolées par ml de milieu de culture	Nombre ($\times 10^5$) de cellules vacuolées par ml de milieu de culture	Nombre ($\times 10^5$) d'agrégats cellulaires par ml de milieu de culture
7	MA1	92,5 a*	77,5 cd*	$8,6 \pm 1,2$ d**	$2,6 \pm 1,6$ d**	$2,5 \pm 0,6$ b**
8	MA1	92,5 a	85,0 ab	$8,9 \pm 1,5$ d	$1,3 \pm 0,7$ e	$3,1 \pm 1,2$ a
9	MA1	95,0 a	87,5 a	$12,1 \pm 2,1$ c	$2,0 \pm 0,5$ c	$2,0 \pm 1,2$ c
10	MA1	95,0 a	85,0 a	$15,2 \pm 2,1$ b	$5,7 \pm 2,9$ b	$1,9 \pm 0,5$ c
11	MA1	97,5 a	87,50a	$18,2 \pm 1,7$ a	$7,7 \pm 1,1$ a	$1,3 \pm 0,5$ e
7	MA2	25,0 b	40,0 e	$1,9 \pm 0,7$ h	$3,9 \pm 1,3$ c	$0,8 \pm 0,4$ fg
8	MA2	47,5 b	65,0 d	$5,8 \pm 1,4$ f	$2,3 \pm 0,9$ d	$1,6 \pm 0,4$ d
9	MA2	85,0 a	80,0 bc	$6,2 \pm 1,7$ f	$2,3 \pm 0,5$ d	$0,9 \pm 0,4$ f
10	MA2	97,5 a	85,0 ab	$5,9 \pm 1,3$ f	$6,0 \pm 2,2$ b	$0,6 \pm 0,3$ g
11	MA2	100 a	37,5 e	$2,8 \pm 1,3$ g	$7,8 \pm 1,9$ a	$0,4 \pm 0,2$ h
ES		$\pm 5,8$	$\pm 9,2$	$\pm 5,2$	$\pm 2,32$	$\pm 0,9$

* Dans une même colonne, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0.05$ selon le test de Turkey.

** Dans une même colonne, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0.05$ selon le test C de Dunnett.

ceux obtenus dans l'expérience précédente au cours de laquelle le rang 8 s'est le mieux comporté pour établir des suspensions cellulaires embryogènes. Aucune référence sur l'inoculation de fleurs mâles immatures directement sur un milieu de culture liquide n'a été trouvée.

Ces résultats sont certainement dus au stade de différenciation des fleurs mâles immatures et la composition du milieu de culture MA1. Ce milieu de culture possède une concentration plus élevée en auxines que le milieu MA2, et un mélange de celles-ci (2,4-D, AIA et ANA), contrairement au milieu MA2 qui ne contient qu'une auxine 2,4-D à une plus faible concentration (1 mg/L).

Selon Parrot (1993), le type, l'état physiologique et les niveaux de différenciation et de polarisation des tissus utilisés comme explants initiaux constituent certains des facteurs favorisant ou rendant difficile la formation de cals avec des structures embryogènes. Chez le cultivar 'Grande naine', Escalant *et al.* (1994) ont observé que 74% des cals avec des structures embryogènes formés en milieu de culture semi-solide, ont été constitués à partir des fleurs mâles immatures situées entre les rangs 7 et 13. Noceda *et al.* (1999) ont réalisé une étude sur l'influence de divers facteurs pour l'obtention de cals avec des structures embryogènes chez 'Grande naine' et FHIA-18 (AAAB), le facteur le plus influent dans ce processus a été la période de récolte des bourgeons mâles et le second facteur d'influence a été le rang des fleurs, les rangs 5 à 8 ayant donné les meilleurs résultats.

Multiplication des suspensions cellulaires embryogènes et formation d'embryons somatiques

A partir des résultats obtenus dans les expériences précédentes, des suspensions cellulaires établies à partir des fleurs mâles immatures des rangs 8 inoculés directement en milieu de culture MA1 dans des Erlenmeyers de 50 ml ont été utilisées. Ces suspensions hétérogènes obtenues, ont été filtrées afin d'éliminer les structures globulaires et les proembryons. Vingt semaines après le début de culture et avec des repiquages tous les 12 jours, les suspensions cellulaires ont atteint un degré élevé d'homogénéité, avec une prédominance des agrégats cellulaires embryogènes caractérisés par de petites cellules embryogènes, sphériques, ayant un contenu cytoplasmique dense, de petites vacuoles, des granules d'amidon et un rapport noyau/cytoplasme élevé.

En observant les suspensions cellulaires au microscope classique, on a constaté qu'il existait des changements dans leur

composition, avec une prédominance des agrégats cellulaires embryogènes et une diminution, puis disparition totale des cellules isolées et vacuolées au fur et à mesure que les repiquages ont été réalisés. Ces agrégats embryogènes ont fini par occuper entre 90 et 95% de la suspension, leur taille étant comprise entre 80-300 μm , la réalisation d'une suspension cellulaire homogène étant atteinte (figure 1B).

Les premiers embryons ont été observés 20 jours après l'étalement des trois lignées cellulaires dans le milieu de culture MA3. Après 45 jours, le nombre d'embryons formés a été estimé (figure 1C). Toutes les lignées cellulaires ont obtenu une bonne réponse embryogène déterminée par le nombre d'embryons somatiques formés. Des différences statistiques significatives ont été observées ($p < 0,05$ selon le test de Duncan, $ES = 102,3$) entre la lignée cellulaire 2, qui a formé en moyenne 517 embryons somatiques pour 200 μl étalés de cellules sédimentées, et les lignées cellulaires 1 et 3, qui ont formé 662 et 761 embryons somatiques, respectivement. Ces différences sont probablement dues aux différentes capacités embryogènes des lignées cellulaires.

Après 17 jours de culture, les premiers embryons somatiques ont commencé à germer en produisant des feuilles et des racines. Après 45 jours de culture, 80,5% des embryons somatiques avaient complètement germé (figure 1D). Il faut signaler qu'aucun changement morphologique n'a été observé dans la population des plantes régénérées (figure 1E).

Discussion

Cette nouvelle méthodologie a permis d'obtenir des suspensions cellulaires embryogènes homogènes en 20 semaines (environ cinq mois) depuis le début de culture des fleurs mâles dans 70% des explants inoculés. La méthode décrite par Côte *et al.* (1996) et Grapin *et al.* (1996) nécessite entre quatre et sept mois pour la seule formation des cals avec des structures embryogènes et deux mois de plus pour l'établissement des suspensions cellulaires. De plus, il faut noter que la réponse embryogène des fleurs mâles cultivées en milieu de culture semi-solide a été faible. Escalant *et al.* (1994) ont rapporté que de 0 à 7% des explants avaient produit des cals avec des structures embryogènes dans 5 cultivars de bananes, y compris chez 'Grande naine'. Daniels *et al.* (2002) ont rapporté un taux de succès de 6,5% avec l'hybride de bananier plantain FHIA-21 (AAAB). Pour 'Grande naine', la moyenne

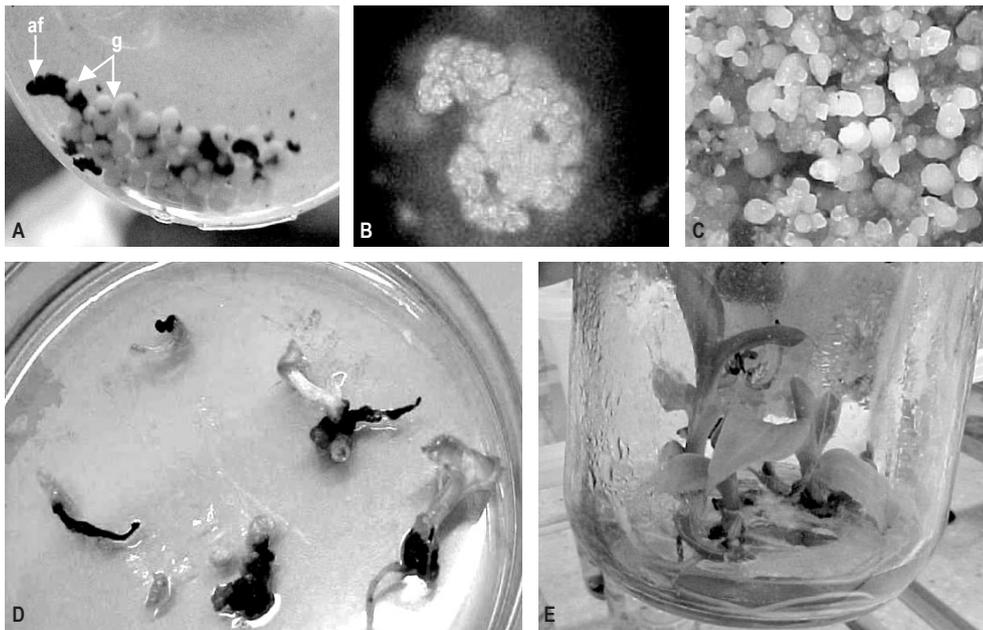


Figure 1. Différentes étapes de l'obtention de plantes à partir de fleurs mâles immatures de 'Grande naine' (AAA). A) Formation de structures globulaires jaunes après 5 semaines de culture. g: globules. af: agrégats floraux (4x). B) Agrégat cellulaire présent dans les suspensions cellulaires 20 semaines après le début de culture (20x). C) Embryons somatiques au stade globulaire, formés sur milieu de culture M3 semi-solide au bout de 45 jours de culture (4x). D) Germination des embryons somatiques et formation de petites plantules sur milieu de culture M5. E) Elongation et développement des plantes obtenues.

a été de 8% (Strosse *et al.* 2003). Khalil *et al.* (2002) ont obtenu de meilleurs résultats (58.8%) mais pour le cultivar 'Brazilian dwarf' (AAB). De plus, la proportion de suspensions cellulaires embryogènes établies à partir de cals embryogènes idéaux chez 'Grande naine' étaient entre 10 et 30% (R. Domergue *et al.*, Cirad, résultats non publiés).

La quantité d'embryons somatiques formés pour chaque ml de cellules a varié de 7835 à 11 530, ce qui démontre la qualité des suspensions cellulaires obtenues au moyen de notre nouvelle méthode. Les valeurs publiées se situent entre 100 et 300 000 embryons somatiques par ml (Côte *et al.* 1996, Grapin *et al.* 1996, Schoofs 1997, Daniels *et al.* 2002). Les taux de germination des embryons somatiques obtenus après un séjour en milieu de culture de maturation ont été de 80.5% en moyenne, une valeur supérieure à celles obtenues par Barranco (2001) avec l'hybride FHIA-18 en milieu de culture semi-solide (40.6%) et par Cabrera (2001) avec le cultivar 'Navolean' (AAB) (49.3%). Escalant *et al.* (1994) ont obtenu entre 60% et 70% de germination avec différents cultivars en utilisant un procédé d'immersion temporaire de type RITA et Navarro *et al.* (1997) ont obtenu 25% de germination avec 'Grande naine'. Daniels *et al.* (2002) ont obtenu des pourcentages élevés de germination (82.5% des embryons somatiques) avec l'hybride FHIA-21 en utilisant un milieu de culture de maturation préalable à la germination.

Remerciements

Ces travaux ont été réalisés avec l'appui financier du VLIR par le biais du projet AEIN2000PR230 sur le développement de lignées transgéniques résistantes à *Mycosphaerella fijiensis*.

Références

- Barranco L.A. 2001. Embriogénesis somática en banano (*Musa* AAAB, cv. FHIA-18) empleando medios de cultivo líquidos. Tesis en opción del Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Biotecnología de las Plantas, Cuba. 97pp.
- Cabrera M. 2001. Embriogénesis somática en *Musa* (AAB) cv. Navolean empleando medios de cultivo líquidos. Tesis en opción del Grado Científico Maestro en Ciencias. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Santa Clara, Cuba.
- Côte F., R. Domergue, S. Monmarson, J. Schwendiman, C. Teisson & J.V. Escalant. 1996. Embryogenic cell suspensions from male flower of *Musa* AAA cv. 'Grand Naine'. *Physiol Plant* 97:285-290.
- Daniels D., R.G. Kosky & M.R. Vega. 2002. Plant regeneration system via somatic embryogenesis in the hybrid cultivar FHIA-21 (*Musa* sp. AAAB Group). *In Vitro Cell. Dev. Biol.* 38:330-333.
- Escalant J.V., C. Teisson & F.X. Côte. 1994. Amplified somatic embryogenesis from male flowers of triploid banana and plantain cultivars (*Musa* sp.). *In Vitro Cell Dev. Biol.* 30:181-186.
- Gómez R., T. Gilliard, L.A. Barranco & M. Reyes. 2000. Embryogénesis somática en medios líquidos. Maturation et augmentation de la germination du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB). *INFOMUSA* 9(1): 12-16.
- Grapin A., J. Schwendiman & C. Teisson. 1996. Somatic embryogenesis in banana plant. *In Vitro Cell Dev. Biol.* 32:66-71.

Borys Chong Pérez*, **Rafael Gómez Kosky**, **Maritza Reyes Vega**, **Idalmis Bermúdez Carballo**, **Jorge Gallardo Colina**, **Marisol Freire Seijo**, **Laisyn Posada Pérez** et **Idalia Herrera O'Farril** travaillent au sein de l'Institut de biotechnologie des plantes, Université Centrale "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní Km 5.5, Santa Clara, Villa Clara, Cuba CP 54830; **Rony Swennen** travaille au Laboratory of Tropical Crop Improvement, KULeuven, Kasteelpark Arenberg 13, B-3001 Leuven, Belgique
*Courriel : borys_chong@yahoo.es

- Khalil S.M., K.T. Cheah, E.A. Perez, D.A. Gaskill & J.S. Hu. 2002. Regeneration of banana (*Musa* spp. ABB cv. Dwarf Brazilian) via secondary somatic embryogenesis. *Plant Cell Rep.* 20:1128-1134.
- Murashige T. & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15:473-497.
- Navarro C., R. Escobedo & A. Mayo. 1997. *In vitro* plant regeneration from embryogenic cultures of a diploid and a triploid, Cavendish banana. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 51:17-25.
- Schenk R.U. & A.C. Hildebrandt. 1972. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell culture. *Canadian Journal of Botany* 50:199-204.
- Schoofs H. 1997. The origin of embryogenic cells in *Musa*. Thèse (PhD). KULeuven, Belgium. 257pp.
- Strosse H., R. Domergue, B. Panis, J.V. Escalant & F.X. Côte. 2003. Suspensions cellulaires embryogènes de bananiers et bananiers plantain (A. Vézina et C. Picq, eds). Guides techniques INIBAP 8. INIBAP, Montpellier, France.

Effet d'un analogue de brassinostéroïde sur des plantules de FHIA-18 exposées à un stress thermique

J.L. González-Olmedo, A. Córdova, C.E. Aragón, D. Pina, M. Rivas et R. Rodríguez

Afin de pouvoir survivre même dans des conditions difficiles, les plantes réagissent et s'adaptent à divers facteurs environnementaux dont la sécheresse, le froid et la salinité. Un grand nombre de gènes ont été impliqués dans les réactions physiologiques et biochimiques suscitées par les facteurs de stress (Shinozaki et Yamaguchi-Shinozaki 1997, Shinozaki et Yamaguchi-Shinozaki 2000, Nuoitio *et al.* 2001).

Chez le bananier, la croissance s'arrête à des températures voisines de 10°C, des dommages irréversibles se produisent à 0°C et le feuillage présente de sérieux dommages à 37°C. Néanmoins, à ce jour, on ne sait pas grand chose sur les modifications moléculaires, biochimiques et physiologiques liées à ces désordres provoqués par les températures extrêmes. Chez d'autres espèces, l'application exogène de régulateurs de la croissance végétale a pu limiter les dommages (González-Olmedo et Borroto 1987). L'utilisation de brassinostéroïdes à cette fin en horticulture est récente, mais a fourni des résultats satisfaisants pour diminuer les effets du stress environnemental (Núñez 1999, González-Olmedo *et al.* 2003).

La présente étude a été réalisée dans le but de contrôler les effets provoqués par le stress thermique dans des plantules de bananier par l'application d'un analogue de brassinostéroïde au cours de la phase d'acclimatation.

Matériel et méthodes

Les plantules de FHIA-18 utilisées ont été micropropagées dans des bioréacteurs à immersion temporaire à l'aide d'un milieu liquide de composition MS (Murashige et Skoog 1962) auquel on a ajouté de la 6-benzylaminopurine

(BAP) selon le protocole de Barrera *et al.* (2001).

Après la phase de culture *in vitro*, les plantules ont été transférées dans des conditions *ex vitro* selon le protocole décrit dans Anon. (2003). Après quatre semaines en serres d'acclimatation, les plantules ont été aspergées avec un analogue spirostan trihydroxylé de brassinostéroïde (C₂₇O₆H₄₂, masse molaire = 462.606) à raison de 2.2 ml par plante en concentration de 0.1 mg/L. Le groupe témoin n'a reçu que de l'eau. Deux heures après, chaque groupe a été divisé en trois sous-groupes, placés pendant 72 h dans des chambres à différentes températures : 7, 27 et 34°C. Les variables suivantes ont été mesurées : taux de survie à la sortie des chambres, après dix jours et à la fin de la période d'acclimatation ; teneur en proline libre 72 h après le début du stress thermique selon Bates *et al.* (1973) ; nombre de feuilles nécrosées ; poids frais des plantes ; nombre de racines ; nombre de feuilles et hauteur des plantes. Ces dernières estimations ont été effectuées à la fin de la période d'acclimatation.

Seules les feuilles entièrement déployées ont été utilisées pour couvrir la surface du contenant (PLC6, 2.5 cm²). Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un dispositif portatif de mesure de la photosynthèse CIRAS-2 (*Europa, PP Systems, UK*). Dans des conditions de lumière contrôlée, la concentration en dioxyde de carbone était de 375 µmol par mole d'air et l'humidité relative 80%. Les mesures ont été effectuées 10 fois sur 5 plantes, 24 heures et 7 jours après soumission au stress thermique. A des fins de traitement statistique des résultats, des analyses paramétriques ont été réalisées (ANOVA, test de Tukey, p < 0.05) après avoir

vérifié la distribution normale (Kolmogorov-Smirnov) et l'homogénéité des variances (Bartlett).

Résultats et discussion

Le tableau 1 regroupe les données concernant les estimations de la survie de ces plantules après leur soumission à des températures différentes. Étant donné que les plantules de bananier étaient déjà établies et s'étaient adaptées à l'environnement extérieur des serres d'acclimatation, le fait de changer la température n'a pas eu de répercussions notables sur leur survie. Les températures extrêmes ont toutefois provoqué des morts, plus précoces pour les basses températures que pour les températures élevées. Aucune plantule n'est morte dans les traitements avec le brassinostéroïde.

Les températures extrêmes ont entraîné une augmentation du nombre de plantes présentant un symptôme de stress, mesuré par la proportion de zones nécrosées sur les feuilles qui étaient de 38% et 97% à 34°C et 7°C respectivement. Par contre, chez les plantes traitées avec l'analogue de brassinostéroïde, les effets du stress thermique ont été diminués de manière significative avec plus de 53% et 5% de plantes libres de symptômes de stress à 34°C et 7°C respectivement.

Selon les teneurs en proline libre, les plantes les plus stressées ont été celles soumises à la température de 7°C (tableau 2). Les teneurs significativement plus faibles de cet indicateur suite à l'aspersion du brassinostéroïde est en accord avec les effets anti-stress observés auparavant (Sasse 1997, Núñez 1999, González-Olmedo *et al.* 2003). Des résultats similaires ont observés chez les plantes qui avaient été placées dans la chambre la plus chaude et celles du groupe témoin (27°C).

Selon Sasse (1997), les brassinostéroïdes jouent un rôle indépendant lors des premières étapes de la croissance végétative, et tout particulièrement celui de stimulateur de la croissance. Ils ont la particularité de stimuler l'élongation et la division cellulaire, la croissance végétale, la reproduction, l'interaction avec d'autres hormones, l'augmentation des rendements et la production de biomasse dans différentes cultures et l'accélération de la récolte, en plus d'augmenter la résistance des plantes aux ravageurs et à différents facteurs de stress comme la salinité élevée, la sécheresse, des températures basses et élevées et des produits chimiques agressifs comme les pesticides et les herbicides (Sasse 1997).

La basse température a influencé l'émission de feuilles, en diminuant leur nombre de manière significative par rapport au témoin (tableau 3). Pour cette variable, l'analogue

Tableau 1. Effet d'un analogue spirostane trihydroxylé de brasinoestéroïde (BRAS) et de la température sur des plantules de FHIA-18 pendant l'acclimatation (n= 40).

Température (°C)	BRAS (mg/L)	Survie (%)		% des plantes avec des taches	Nombre de feuilles tachées par plante
		72 heures	10 jours		
7	0	97	97	97 a	4
7	0,1	100	100	92 b	4
27	0	100	100	0 e	0
27	0,1	100	100	0 e	0
34	0	100	97	38 c	2
34	0,1	100	100	18 d	1

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0,05$ selon le test de Turkey.

Tableau 2. Effet d'un analogue spirostane trihydroxylé de brasinoestéroïde (BRAS) et de la température sur la teneur en proline libre de plantules FHIA-18 72 heures après traitement (n=15).

Température (°C)	BRAS (mg/L)	Concentration ($\mu\text{g/ml}$)
7	0,0	0,54 a
7	0,1	0,23 bc
27	0,0	0,22 bcd
27	0,1	0,11 e
34	0,0	0,30 b
34	0,1	0,15 cd

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0,05$ selon le test de Turkey.

de brassinostéroïde n'a eu un effet bénéfique que pour les plantes placées dans la chambre à 34°C.

Aucun des traitements n'a entraîné de changements significatifs sur le nombre de racines. Pareillement, la morphogenèse semble avoir été moins touchée que la croissance. Les traitements aux deux températures extrêmes ont significativement réduit la hauteur des plantules. L'application du brassinostéroïde n'a toutefois été efficace que sur les plantes soumises aux températures les plus élevées.

En ce qui concerne le poids frais, les températures n'ont pas eu une influence directe, étant donné que les valeurs étaient faibles pour tous les groupes, sauf pour ceux ayant été aspergés au préalable avec le brassinostéroïde dans les chambres à 27°C et 34°C respectivement qui ont montré une augmentation significative. Il semblerait que le produit a amélioré l'équilibre hydrique dans les plantes ainsi traitées, sans pertes dans l'assimilation des produits de la photosynthèse dans les plantes témoin comme le montrent les données du tableau 3.

Il est important de préciser la remarquable activité photosynthétique démontrée par les plantules de bananier après quatre semaines d'acclimatation, tel que l'indiquent les mesures réalisées sur les plantes dans la chambre à 27°C. Les températures extrêmes ont toutefois réduit celle-ci de manière significative après

Tableau 3. Effet d'un analogue spirostane trihydroxylé de brasinoestéroïde (BRAS) et de la température sur le nombre de feuilles et de racines, la hauteur et le poids frais de plantules de FHIA-18 (n=30) ainsi que sur la photosynthèse nette (n=50).

Température	BRAS (mg/L)	Nombre de feuilles	Nombre de racines	hauteur (cm)	Poids frais (g)	Photosynthèse nette ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	
						24 heures	7 jours
7	0,0	4,2 c	5,3 a	3,6 b	4,5 b	2,1 c	4,7 cd
7	0,1	4,4 bc	6,1 a	3,8 b	4,6 b	0,5 e	4,6 d
27	0,0	4,5 ab	5,5 a	4,6 a	5,0 b	8,8 a	8,9 b
27	0,1	4,8 a	5,2 a	4,5 a	7,0 a	8,8 a	10,3 a
34	0,0	4,3 bc	5,2 a	3,5 b	4,8 b	1,5 d	2,5 e
34	0,1	5,1 a	5,5 a	4,8 a	6,5 a	3,3 b	5,0 c
SE		0,2	0,5	0,2	0,34	0,1	0,2

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0,05$ selon le test de Turkey.

24 heures d'exposition. Le brassinostéroïde n'a donné que des effets positifs lors du traitement à la température élevée. Une semaine après avoir rétabli les conditions normales d'acclimatation, on a observé des valeurs plus élevées pour la photosynthèse nette dans tous les groupes, ce qui démontre une plus grande activité photosynthétique dans les plantes toujours placées à 27°C et aspergées avec le brassinostéroïde.

La régulation de l'ouverture des stomates est un processus complexe qui dépend d'un grand nombre de facteurs dont la lumière, les concentrations en CO_2 du milieu, la température, l'humidité relative, la concentration en calcium du cytosol, les hormones et les enzymes marqueurs de voies métaboliques liées qui exercent également de très fortes influences et fonctions importantes (Hussain *et al.* 1999, Casati *et al.* 2000, Li *et al.* 2001). Les résultats indiquent toutefois que l'échange gazeux effectué par les stomates dans les plantes de l'expérience a été favorable pour celles ayant toujours poussé à 27°C qui ont en plus été aspergées avec le brassinostéroïde, étant donné que celles-ci ont atteint des valeurs de poids frais et d'activité photosynthétique supérieures.

En raison du stress thermique, en particulier celui provoqué par les basses températures, les plantules ont ralenti leur croissance. Mis à part les différences d'âge et de développement, ce comportement est similaire à celui décrit pour le désordre physiologique connu sous le nom de *choking* (Daniells 1993). Les résultats avec l'analogue de brassinostéroïde laissent entrevoir un potentiel d'utilisation qui devra être confirmés par d'autres expériences comme celle-ci et des essais en champ.

Remerciements

En mémoire du Dr Rodolfo Maribona, instigateur de ce travail.

Références

Anon. 2003. Fase IV. Adaptación o aclimatación a condiciones ambientales. Pp. 18-20 *in* Instructivo

técnico, para la micropropagación de plátanos y bananas. Capítulo 8. Empresa de semillas, La Habana, Cuba.

Barrera L., M. Daquinta, Y. Lezcano, O. Mosqueda & M. Escalona. 2001. Manejo de bananos tetraploides en los sistemas de inmersión temporal. Pp. 107 *in* Short Reports Bioveg 2001 (G. Cabrales & J.C. Lorenzo, eds). Ciego de Avila, Cuba.

Bates L.S., R.D. Waldron & L.D. Team. 1973. Rapid determination of free-proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39(1):205-207.

Casati P., M.V. Lara & C.S. Andreo. 2000. Induction of a C_4 -mechanism of CO_2 fixation in *Egenia densa*, a submersed aquatic species. *Plant Physiol.* 123(4): 1611-1622.

Daniells J. 1993. Choke threat of bananas. *Queensland Fruit and Vegetable News*, March 11, p. 2.

González-Olmedo J. L. & C.G. Borroto. 1987. Use of plant growth regulators to control flowering in Citrus. *Biol Plantarum* 29(5):342-349.

González-Olmedo J., J. Fernández, D. Pina & R. Rodríguez. 2003. Efectos de un análogo de brasinoesteroides en la aclimatización de plantas ornamentales. Pp. 182-190 *in* Memorias Bioveg 2003 (G. Cabrales, ed.) Centro de Bioplantas, Cuba.

Hussain M.W., L.R. Allen & G. Borves. 1999. Up-regulation of sucrose phosphate synthase in rice grown under elevated CO_2 and temperature. *Photosynthesis Research* 60:199-208.

Li C.R., L.J. Gan, K. Xia & C.S. Hav. 2001. Responses of carboxylating enzymes, sucrose metabolizing enzymes and plant hormones in a tropical epiphytic CAM orchid to CO_2 enrichment. *Plant Cell Environ.* 25:369-377.

Murashige T. & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.* 15:473-479.

Núñez M. 1999. Aplicaciones prácticas de los brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. *Cult. Tropicales* 20(3):63-72.

Nuotio S., P. Heino & E.P. Palva. 2001. Signal transduction under low-temperature stress. Pp 151-175 *in* Crop Responses and Adaptations to Temperature Stress. (A.S. Basra, ed.). Food Products Press, New York.

Sasse J.M. 1997. Recent progress in brassinosteroid research. *Physiol. Plant.* 100:696-701.

Shinozaki K. & K. Yamaguchi-Shinozaki. 1997. Gene expression and signal transduction in water-stress response. *Plant Physiol.* 115:327-334.

Shinozaki K. & K. Yamaguchi-Shinozaki. 2000. Molecular responses to dehydration and low temperature: difference and cross-talk between two stress signaling pathways. *Cur. Opin. Plant Biol.* 3:217-223.

Les auteurs travaillent au
Centro de Bioplantas, Universidad
de Ciego de Avila, CP 69450,
Cuba. Courrier électronique:
justo@bioplantas.cu

Optimisation des conditions de culture de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet

M. Puch-Ceh, K. García-Sosa et L.M. Peña-Rodríguez

La maladie des raies noires est une des maladies qui affecte le plus la production de *Musa* sp. sous les tropiques. Elle est provoquée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, un champignon pathogène reconnu pour être le plus agressif parmi les maladies foliaires à *Mycosphaerella*. Il a été rapporté que la maladie peut entraîner une perte de rendement de 30% lorsque la maladie n'est pas contrôlée et il a été estimé que le coût des fongicides utilisés pour contrôler la maladie en Amérique Centrale, en Colombie et au Mexique, aurait atteint 350 millions de dollars sur une période de 8 ans (Stierle *et al.* 1991).

Les pathogènes fongiques sont connus pour produire des phytotoxines qui, à faibles doses, s'avèrent nocives pour la plante hôte. Ces métabolites peuvent diffuser à partir du site de l'infection vers les tissus adjacents et provoquer, chez un hôte sensible, des nécroses, des chloroses, un flétrissement ou une combinaison de ces symptômes (Wheeler 1981). Les phytotoxines sont répertoriées comme étant spécifiques à l'hôte, ou déterminants primaires de la maladie, et non spécifiques à l'hôte, ou déterminants secondaires de la maladie (Scheffer et Briggs 1981). Les phytotoxines peuvent avoir des applications potentielles intéressantes, telles que leur utilisation comme sonde pour étudier la base moléculaire de la résistance à la maladie et de la sensibilité de la plante, comme moyen pour sélectionner *in vitro* de lignées de plantes résistantes à la maladie et comme agents potentiels pour contrôler les mauvaises herbes (Buiatti et Ingram 1991).

La majorité de nos connaissances sur les phytotoxines porte sur celles produites par les champignons des genres *Alternaria* et *Cochliobolus*, mais les études conduites sur les métabolites fongiques produits par *M. fijiensis* ont permis l'identification d'un nombre de phytotoxines comme la fijiensine, qui n'est pas spécifique à un hôte (Stierle *et al.* 1992, Upadhyay *et al.* 1991) et les tétralones, qui sont spécifiques à un hôte (Stierle *et al.* 1991). Toutefois, les tentatives pour générer des bananiers résistants à la maladie en utilisant comme moyen de sélection des fractions semi-purifiées et des phytotoxines pures de *M. fijiensis*, ont échoué (Harelimana *et al.* 1997, Okole et Schulz 1997).

Ces résultats suggèrent que ni la fijiensine ni les tétralones sont essentielles à la pathogénicité de *M. fijiensis* et que le champignon pourrait produire d'autres métabolites qui pourraient être des déterminants primaires de la maladie. Il est bien connu que certains microorganismes qui produisent des métabolites *in vitro*, ne les produisent pas *in vivo* et vice versa (Shaw 1991). Les conditions de culture d'un champignon, comme par exemple la composition du milieu de culture, les conditions d'aération et de lumière, sont les facteurs les plus importants dans la production de phytotoxines (Stierle *et al.* 1992). Cette recherche fait partie d'un projet visant à isoler et à identifier des phytotoxines produites par *M. fijiensis* qui sont spécifiques à un hôte. Afin de déterminer les meilleures conditions de culture permettant d'obtenir une haute phytotoxicité des filtrats fongiques et un rendement élevé en extraits organiques bruts, nous avons étudié la croissance de *M. fijiensis* dans onze milieux liquides, sous deux régimes lumineux, avec et sans agitation.

Matériels et méthodes

La souche de *M. fijiensis* (W6) a été fournie par le Dr. Andrew James du *Centro de Investigación Científica de Yucatán* au Mexique. A l'origine, elle a été isolée à partir de plants de *Musa acuminata* infectés.

Une partie de la culture de mycélium a été placée en tubes inclinés contenant 10 ml d'un milieu de culture PDA (*potato dextrose agar*) et les tubes ont été incubés pendant 30 jours à température ambiante, sous une photopériode 12:12. Une fois la période de croissance achevée, les tubes ont été gardés à 4°C jusqu'à leur utilisation.

Une suspension aqueuse de spores/mycélium a été préparée en ajoutant 2 ml d'eau distillée stérile à un tube incliné contenant une culture mère de *M. fijiensis* et dont le mycélium a été prélevé avec un fil de fer. Le milieu de culture PDA a été inoculé avec un millilitre de la solution aqueuse et incubé pendant 20 jours à la température ambiante et la lumière naturelle. Cinq millilitres d'eau stérile ont été ajoutés à chaque milieu de culture et une suspension de spores a été préparée en grattant doucement la surface avec un pinceau. Un millilitre de la suspension de spores a été utilisé pour

inoculer un flacon Roux contenant un milieu de culture liquide.

Cinq milieux liquides, préparés selon les méthodes rapportées dans la littérature, ont été choisis initialement pour évaluer les conditions de culture de *M. fijiensis*:

- Milieu à jus V-8 (Peña-Rodriguez *et al.* 1988)
- Bouillon de culture à base de dextrose de pomme de terre (Natural 1989)
- Milieu synthétique nutritif (Natural 1989)
- Milieu Czapek-Dox (Natural 1989)
- Milieu synthétique M1D (Pinkerton et Strobel 1976).

De plus, et étant donné qu'il a été montré que l'addition au milieu de culture d'une infusion de la plante hôte favorisait la sporulation et la production de phytotoxines (Durbin 1981), la croissance de *M. fijiensis* a également été testée dans un milieu additionné d'une infusion de bananier préparée en ajoutant 200 g de feuilles de bananiers hachées à 800 ml d'eau bouillante et maintenue à ébullition pendant 30 minutes. Après refroidissement, le mélange a été filtré à travers une étamine et le volume ajusté à 1 litre. L'infusion a ensuite été stérilisée. Chaque milieu de culture liquide a été associé à une infusion de bananier dans un rapport 2:1. Les cultures ont été évaluées avec ou sans agitation, en obscurité totale ou soumises à une photopériode.

Dans les traitements sans agitation, 250 ml de milieu liquide ont été versés dans 4 flacons Roux. Un ml d'une suspension de spores/mycélium de *M. fijiensis* a servi à inoculer chacun de 3 des flacons, le 4^{ème} servant de témoin. Les 4 flacons ont été maintenus à l'obscurité pour 45 jours, à 26±2°C. Le même protocole a été appliqué pour les cultures soumises à une photopériode 12:12 pendant 45 jours à 26±2°C.

Dans les traitements avec agitation, 300 ml de milieu liquide ont été versés dans 4 Erlenmeyers de 500 ml. Un ml d'une suspension de spores/mycélium de *M. fijiensis* a servi à inoculer 3 des Erlenmeyers, le 4^{ème} servant de témoin. Les

cultures ont été maintenues à l'obscurité à 100 t/min pendant 30 jours, à 26±2°C. Le même protocole a été appliqué pour les cultures soumises à une photopériode 12:12 pendant 30 jours à 26±2°C.

A la fin de la période de culture, le bouillon de culture a été séparé du mycélium par filtration à travers 2 épaisseurs d'étamine. Une aliquote de 350 ml du filtrat de culture a été lyophilisée et remise en solution dans de l'eau distillée à une concentration de 100 mg/ml. Le reste du filtrat a été mis au congélateur.

Phytotoxicité des filtrats

Des feuilles de bananiers sensibles ('Grande naine') ont été utilisées afin d'évaluer l'activité phytotoxique du champignon. Les feuilles ont été prélevées sur des plantes en pots poussant sous serre.

La 1^{ère} ou 2^{ème} feuille la plus jeune de bananiers de 4 mois a été excisée et désinfectée pendant 60 secondes dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5%. Les feuilles ont été rincées à l'eau distillée, séchées entre 2 feuilles de papier absorbant et placées dans un récipient en plastique, préalablement désinfecté à l'éthanol à 70%, doublé de 2 couches de papier filtre humide. L'activité des filtrats de culture a été testée en plaçant 20 µl du filtrat de culture (3% et 1.5%), ou du milieu non inoculé (3% et 1.5%), ou de l'eau distillée, sur 2 incisions faites au scalpel de chaque côté de la face adaxiale de la feuille. Deux feuilles ont été utilisées pour chaque traitement et les récipients maintenus à température ambiante en lumière naturelle. Les effets (superficie de la lésion nécrotique) ont été enregistrés à 24, 48 et 72 heures.

Résultats et discussion

Bien que les cultures V8 avec ou sans agitation aient montré une croissance mycéliale abondante sous les 2 régimes de lumière (données non montrées), leur rendement en extrait organique brut était plus élevé sans agitation et à l'obscurité (tableau 1). A l'inverse, alors que les cultures M1D n'ont pas montré de croissance mycéliale visible

Tableau 1. Quantité (mg/L) d'extrait organique brut obtenu avec différentes conditions de culture de *Mycosphaerella fijiensis*.

Milieu de culture*	Sans agitation		Avec agitation	
	Photopériode 12:12	Obscurité	Photopériode 12:12	Obscurité
V8	21,3	83,0	8,6	11,0
Bouillon de culture à dextrose de pomme de terre	18,0	9,6	23,6	54,6
M1D Synthétique	122,6	46,3	69,6	86,3
Synthétique nutritif	—**	—	11,3	13,0
Czapek-Dox	11,0	11,6	12,6	35,3

* Seuls les milieux montrant une croissance du champignon apparaissent.

** Pas de croissance significative observée.

Tableau 2. Surface nécrosée (cm²) comme mesure de l'activité phytotoxique des filtrats de culture de *Mycosphaerella fijiensis* à 3% et 1.5% soumis à différentes conditions de culture et milieux de culture.

Milieu de culture	Conditions de lumière	Filtrat de culture	
		3%	1,5%
<i>Cultures sans agitation</i>			
V8	12:12 photopériode	0,138	—*
V8	obscurité	0,207	—
Czapek-Dox	12:12 photopériode	0,898	0,249
Czapek-Dox	obscurité	0,243	—
<i>Cultures avec agitation</i>			
V8	12:12 photopériode	1,182	0,376
V8	obscurité	0,237	—
Czapek-Dox	12:12 photopériode	0,146	—
Czapek-Dox	obscurité	0,267	—

* Pas d'activité.

(données non montrées), leur rendement en extrait organique brut était systématiquement élevé (tableau 1), ce qui est en accord avec les rendements élevés rapportés dans la littérature (Upadhyay *et al.* 1991). Les résultats suggèrent qu'il n'y a pas de relation entre la quantité de mycélium produite dans une culture donnée et le rendement obtenu en extrait organique brut.

Il est intéressant de noter que ni l'infusion de feuille de bananier, ni aucun des milieux contenant de l'infusion de feuille de bananier n'ont montré de croissance fongique. Ceci suggère la présence, dans le milieu de culture, de phytoalexines ayant une activité antifongique, particulièrement dans l'infusion de feuille de bananier (Grayer et Kokubun 2001). L'isolement et l'identification des métabolites responsables de l'activité antifongique est en cours.

Les plus fortes activités phytotoxiques ont été enregistrées dans les filtrats du milieu V8 avec agitation et les cultures Czapek-Dox sans agitation soumises à une photopériode (tableau 2). Etant donné que les cultures V8 avec agitation et une photopériode ont donné un rendement plus élevé en extrait organique brut, et que plusieurs des métabolites phytotoxiques identifiés à ce jour sont facilement extraient à l'aide de solvants organiques, ces conditions ont été choisies comme étant optimales pour la culture de *M. fijiensis*. De fait, l'isolement et l'identification des métabolites phytotoxiques produites par le champignon est en cours dans notre laboratoire et fera l'objet d'une publication.

Références

Buiatti M. & D.S. Ingram. 1991. Phytotoxins as tools in breeding and selection of disease-resistant plants. *Experientia* 47:811-819.

Durbin R.D. 1981. Applications. Pp 495-505 *in* Toxins in Plant Disease. (R.D. Durbin, ed.). Academic Press, New York.

Grayer R.J. & T. Kokubun. 2001. Plant-fungal interactions: the search for phytoalexins and other antifungal compounds from higher plants. *Phytochemistry* 56:253-263.

Harelimana G., P. Lepoivre, H. Jijakli & X. Mourichon. 1997. Use of *Mycosphaerella fijiensis* toxins for the selection of banana cultivars resistant to black leaf streak. *Euphytica* 89:125-128.

Natural M.P. 1989. The development of an *in vitro* screening procedure to Sigatoka leaf disease of banana. Pp. 208-230 *in* Sigatoka leaf spot diseases of banana. Proceedings of the 1st International workshop on Sigatoka leaf spot diseases held in San José, Costa Rica (R.A. Fullerton & R.H. Strover, eds). INIBAP, Montpellier, France.

Okole B.N. & F.A. Schulz. 1997. Selection of *Mycosphaerella fijiensis*-resistant cell lines from micro-cross sections of banana and plantain. *Plant Cell Reports* 16:339.

Peña-Rodríguez L.M., N.A. Armingeon & W.S. Chilton. 1988. Toxins from weed pathogens. I. Phytotoxins from a *Bipolaris* pathogen of Johnson grass. *Journal of Natural Products* 51:821-828.

Pinkerton F. & G. Srobel. 1976. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 74:4007-4011.

Scheffer R.P. & S.P. Briggs. 1981. Introduction and perspective of toxin studies in plant pathology. Pp. 1-17 *in* Toxins in plant disease (R.D. Durbin, ed.). Academic Press, New York.

Shaw P.D. 1981. Production and isolation. Pp. 21-44 *in* Toxins in plant disease (R.D. Durbin, ed.). Academic Press, New York.

Stierle A., G. Strobel, D. Stierle & F. Sugawara. 1992. Analytical methods for phytotoxins. Pp. 1-32 *in* Methods of plant analysis (H. F. Linskens & J. F. Jackson, eds). Springer Verlag, Berlin.

Stierle A., R. Upadhyay, J. Hershenhorn, G. Strobel & G. Molina. 1991. The phytotoxins of *Mycosphaerella fijiensis*, the causative agent of black Sigatoka disease of bananas and plantains. *Experientia* 47: 853-858.

Upadhyay R., G. Strobel, S. Coval & J. Clardy. 1991. Fijinsin, the first phytotoxin from *Mycosphaerella fijiensis*, the causative agent of black sigatoka disease. *Experientia* 47:982-984.

Wheeler H. 1981. Role in Pathogenesis. Pp. 477-494 *in* Toxins in plant disease. (R.D. Durbin, ed.). Academic Press, New York.

Les auteurs travaillent à l'Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), Calle 43 # 130, Col. Chuburná de Hidalgo, 97200, Mérida, México. Auteur pour la correspondance: Imanuel@cicy.mx

Effet de la lumière et de la circulation de l'air sur la sporulation et la croissance de *Mycosphaerella fijiensis*

E. Etebu, C. Pasberg-Gauhl, F. Gauhl et L. Ayibo Daniel-Kalio

La maladie des raies noires, causée par *Mycosphaerella fijiensis*, est la maladie foliaire la plus destructive chez les bananiers et bananiers plantain. Des pertes de rendement atteignant 20 à 90% ont été rapportées (Stover 1983, Fouré 1985, Pasberg-Gauhl 1989, Mobambo *et al.* 1993).

La gravité de la maladie varie entre cultivars, en partie parce que les pathotypes ont des virulences différentes (Fullerton et Olsen 1991). La nécessité de tester l'agressivité de différents isolats de *M. fijiensis* sur un cultivar donné a souvent été soulignée. Mais la réalisation de ces expériences s'avère difficile, compte tenu du faible taux de croissance de ce champignon qui limite l'obtention d'une quantité suffisante d'inoculum pour une infection artificielle (Mobambo 1993, Pasberg-Gauhl 1994). De plus, la plupart des isolats de *M. fijiensis* en culture produisent peu ou pas de conidies.

Chez divers champignons, une certaine circulation de l'air est nécessaire pour une sporulation réussie (Henry et Andersen 1948, Lilly et Barnett 1950, 1951). Ce facteur n'a cependant pas été étudié chez *M. fijiensis* (Mobambo 1993, Pasberg-Gauhl 1994). Notre étude a consisté à évaluer les effets de la lumière et de la circulation de l'air sur la sporulation et la croissance de *M. fijiensis*.

Matériel et méthodes

Des parties non exposées de feuilles au stade 2 (Ganry et Laville 1983, Gauhl *et al.* 1993) d'un bananier plantain 'Agbagba' du groupe Faux corne ont été découpées en morceaux d'environ 2 cm², placées sur un milieu gélosé solide de dextrose de pomme de terre (PDA) et autoclavées pour obtenir un milieu PDA de feuille de bananier plantain autoclavé (PFA).

Des cultures d'ascospores de 3 mois provenant de 30 isolats de *M. fijiensis* ont été répliquées, repiquées sur du milieu PDA frais et incubées dans une chambre thermostatée à 25-29°C pendant 10 à 20 jours. Trois morceaux d'environ 0.5 cm à 1.0 cm par 0.5 cm à 1.0 cm ont été découpés dans le mycélium de chaque isolat en phase de croissance active, puis placés dans des boîtes de Pétri différentes contenant du milieu PFA et incubées durant 21 jours sous une lumière blanche continue dans un incubateur Gallenkamp (INF-781-T) muni de 8 tubes fluorescents (OSRAM, L8W/20). Des trois boîtes de Pétri, une a été scellée avec du parafilm durant toute la durée de l'incubation, une autre

n'a pas du tout été scellée et la dernière a été scellée avec du parafilm durant les 14 premiers jours et non scellée durant les 7 derniers jours de l'incubation. La même procédure a été répétée avec les mêmes isolats, mais incubés durant 21 jours sous une lumière noire produite par 2 tubes fluorescents Sylvania (F40/350 BL) placés à 40.5 cm au-dessus des boîtes de Pétri. La température a été maintenue entre 26-29°C pour chaque type d'éclairage.

L'expérience a été répétée quatre fois. A la fin des 21 jours d'incubation, la taille moyenne d'une colonie a été mesurée comme étant la moyenne des diamètres les plus grands et la moyenne des diamètres les plus petits sur un échantillon de 10 colonies. Chaque colonie a été observée avec un microscope photonique Leitz Iarbolux S (20x) muni d'un appareil photo Leica Wild MPS 52 afin de déterminer le nombre d'isolats en phase de sporulation. Les valeurs de sporulation, exprimées en pourcentage, ont été transformées en arcsinus (Gomez et Gomez 1984) et analysées avec le logiciel Statgraphics version 2.1.

Résultats et discussion

Les résultats suggèrent que la sporulation de *M. fijiensis* est dépendante de la qualité de la lumière et du mode de circulation de l'air. La sporulation était significativement supérieure sous une lumière noire que sous une lumière blanche (tableau 1). Certains auteurs ont rapporté qu'une exposition aux UV induisait la sporulation de champignons (Ramsey et Bailey 1930, McCallan et Chan 1944), mais des études récentes ont également montré que des longueurs d'ondes comprises entre 300 et 380 nm (région près des UV) induisaient une sporulation supérieure à celles des longueurs d'onde dans la gamme des UV (200-300 nm). Ces dernières longueurs d'ondes pourraient être létales ou mutagènes (Leach 1971). Par conséquent, la lumière noire est préférée à la lumière blanche pour induire la sporulation des isolats de *M. fijiensis*. La taille de la colonie était également significativement supérieure sous une lumière noire que sous une lumière blanche.

Il a également été observé que l'exposition des cultures à une certaine quantité d'air affectait significativement ($P < 0.01$) la sporulation de *M. fijiensis* (tableau 1). La sporulation était supérieure dans les boîtes de Pétri où l'air pouvait circuler durant toute la période d'incubation (21 jours) ou que durant les 7 derniers jours.

L'accumulation de gaz carbonique et la production de métabolites inhibiteurs tels que l'ammoniaque pourraient expliquer la sporulation moindre observée dans des boîtes de Pétri étanches à l'air (Henry et Andersen 1948, Barnett et Lily 1950, Cochaine 1958). Bien que la circulation de l'air ait été un facteur important, le pourcentage de sporulation dans les boîtes de Pétri scellées durant les 14 premiers jours d'incubation et non scellées pendant les 7 derniers jours était supérieur à celui des boîtes non scellées pendant toute la durée de l'incubation (21 jours). Ceci suggère que les métabolites susceptibles de s'accumuler dans les boîtes de Pétri scellées favorisent la sporulation, mais que leur présence en continu a un effet inhibiteur. Par contre, la taille moyenne des colonies était significativement supérieure dans les boîtes de Pétri non scellées durant toute la durée de l'expérience.

Le tableau 2 montre que la lumière noire a significativement affecté la croissance des colonies de *M. fijiensis* mais seulement lorsque les boîtes de Pétri avaient été scellées pendant 21 ou 14 jours. Dans les boîtes de Pétri non scellées, la taille des colonies n'était pas significativement différente entre les deux qualités de lumière. L'effet de la circulation de l'air qui favorise la croissance de *M. fijiensis* était plus marqué sous la lumière blanche que sous la lumière noire.

Des études plus approfondies sont nécessaires pour évaluer l'effet de la lumière et du mode de circulation de l'air sur la production de conidies *in vitro*. Ceci faciliterait l'évaluation de l'agressivité de certains pathotypes sur différents cultivars.

Références

- Barnett H.L. & V.G. Lilly. 1950. Nutritional and environmental factors influencing asexual sporulation of *Choanephora cucurbitarum* in culture. *Phytopathology* 40:80-89.
- Cochaine V.W. 1958. *Physiology of fungi*. John Wiley and sons. New York and London.
- Fouré E. 1985 'Les cercosporioses du bananier et leur traitement. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et plantains à *Mycosphaerella fijiensis* Morelet au Gabon' (111). *Fruits* 40(6):393-399.
- Fullerton R.A. & T. L. Olsen. 1991 Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Pp 105-115 in *Banana diseases in Asia and the Pacific: Proceedings of a technical meeting on diseases affecting banana and plantain in Asia and the Pacific* (R.V. Valmayor, B.E. Umali & C.P. Bejosano, eds). INIBAP, Montpellier, France.
- Ganry J. & E. Laville. 1983. Les cercosporioses du bananier et leur traitement. Evolution des méthodes de traitement. *Fruits* 38:3-20
- Gauhl F., C. Pasberg-Gauhl, D. Vuylsteke & R. Ortiz. 1993. IITA research guide 47. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 49 pp.
- Gomez K. A. & A.A. Gomez. 1984. *Statistical procedures for Agricultural research* (2nd ed.). John Wiley and sons, Singapore.
- Henry W.B. & A.L. Andersen. 1948. Sporulation by *Pyricularia oryzae*. *Phytopathology* 38:265-278.
- Leach C. M. 1971. A practical guide to the effects of visible and ultraviolet light on fungi. Pp. 609-664 in *Methods*

Tableau 1. Effet de la lumière (pour tous les modes de circulation de l'air) et des modes de circulation de l'air (sous lumière blanche et lumière noire) sur le pourcentage de sporulation (données brutes et valeurs arcsinus retransformées en pourcentage) et le diamètre moyen des colonies de *Mycosphaerella fijiensis*.

Traitements	N	Sporulation moyenne (%)	Données arcsinus retransformées (%)	Diamètre moyen des colonies (mm)
Lumière blanche	12	14,4	21,9 a	17,0 a
Lumière noire	12	25,7	29,7 b	18,6 b
Scellés durant 21 jours	8	10,9	19,1 a	15,0 a
Non scellés durant 21 jours	8	19,9	25,9 b	21,4 c
Scellés durant 14 jours et non scellés pendant 7 jours	8	29,5	32,3 c	17,0 b

Les moyennes suivies de la même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes à P<0,01 suivant le test de Duncan.

in microbiology (C. Booth ed.). London and New York Academic Press.

Lilly V.G. & H.L. Barnett. 1951. *Physiology of the fungi*. McGraw-Hill Book Company Inc. USA.

McCallan S. E. A. & S. Y. Chan. 1944. Inducing sporulation of *Alternaria solani* in culture. *Boyce Thompson Inst.* 13: 323-336.

Mobambo K.N. 1993. Factors influencing the development of black Sigatoka disease on plantain and plantain hybrids. PhD Thesis, Rivers State University of Science and Technology, Nkpulu, Port Harcourt, Nigeria.

Mobambo K.N., F. Gauhl, D. Vuylsteke, R. Ortiz, C. Pasberg-Gauhl & R. Swennen. 1993. Yield loss in plantain from black Sigatoka leaf spot and field performance of resistant hybrids. *Field Crops Research* 35:35-42.

Müller R., C. Pasberg-Gauhl, F. Gauhl, D. Kaemmer & G. Kahl. 1995. Etude des polymorphismes des microsattellites chez la population nigérienne de *Mycosphaerella fijiensis*. *INFOMUSA* 4(1):9-11.

Pasberg-Gauhl C. 1989. Untersuchungen zur Symptomentwicklung und Bekämpfung der Schwarzen Sigatoka Krankheit (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) an Bananen (*Musa spp.*) *in vitro* und im Freiland. *Goettinger Beitrage zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen*, Heft 40. 142pp

Pasberg-Gauhl C. 1994. Symptom development of black Sigatoka leaf spot on young or adult banana and plantain plants after natural inoculation. Pp 261-274 in *Biological and integrated control of highland banana and plantain pests and diseases* (Gemmill B. & C. Gold, eds). IITA Proceedings. Cotonou, Benin.

Ramsey G.B. & A. Bailey. 1930. Effects of ultra-violet radiation upon sporulation in *Macrosporium* and *Fusarium*. *Botan. Gaz.* 89:113-136.

Stover R.H. 1983. Effet de la cercosporiose noire sur les plantains en Amérique Centrale. *Fruits* 38:326-329.

Tableau 2. Effet de lumière et du mode de circulation de l'air sur le pourcentage de sporulation (données brutes et valeurs arcsinus retransformées en pourcentage) et le diamètre moyen des colonies de *Mycosphaerella fijiensis* (n=4).

Traitements	Sporulation moyenne (%)	Données arcsinus retransformées (%)	Diamètre moyen des colonies (mm)
<i>Lumière blanche</i>			
Scellées durant 21 jours	8,9	17,3	13,3
Non scellées durant 21 jours	13,1	21,2	21,3
Scellées durant 14 jours et non scellées pendant 7 jours	21,3	27,4	16,3
<i>Lumière noire</i>			
Scellées durant 21 jours	12,9	21,0	16,6
Non scellées durant 21 jours	26,7	31,0	21,5
Scellées durant 14 jours et non scellées pendant 7 jours	37,6	37,3	17,6
Plus petite différence significative P<0,05		6,0	1,1

Conception de programmes de formation des agriculteurs basés sur une approche participative

C. Staver

Les familles d'agriculteurs cultivent les *Musa* dans des conditions extrêmement variables : sous des pluviométries élevées à modérées ou dans des milieux désertiques irrigués, sur des sols pauvres à très fertiles, et n'importe où entre le niveau de la mer et des altitudes de 1500 mètres. Les bananiers sont aussi cultivés selon des systèmes de culture différents tels qu'en monoculture, en association avec des cultures annuelles ou pérennes, ou en rotation avec d'autres cultures. Dans chaque zone, les agriculteurs rencontrent des problèmes spécifiques, incluant la façon de gérer les ravageurs et les maladies, ainsi que la nutrition de la plante, autant d'aspects qui sont influencés par la variabilité du climat. Au cours des récentes décennies, de nouveaux ravageurs ont été introduits et certains ravageurs existants ont été favorisés par des changements de pratiques culturales. Pendant la même période de temps, les prix des produits agricoles ont énormément fluctué, mais de nouveaux marchés se sont également ouverts. Il résulte de tous ces facteurs que les agriculteurs prennent des décisions sur le choix de la culture et la gestion des ravageurs dans des conditions d'incertitude extrême.

Ce que les experts ont offert aux agriculteurs

Pendant la plus grande partie de l'histoire de l'humanité, les agriculteurs ont effectué leur propre recherche. Les communautés rurales ont domestiqué les principales plantes cultivées et conçu toute une gamme de systèmes de culture. Ce n'est que depuis la moitié du dix-neuvième siècle que les gouvernements, les universités et les chercheurs se sont impliqués dans la recherche agricole, particulièrement avec l'arrivée des engrais et des pesticides (Staver 2001, 2003).

Les approches que les scientifiques et les projets de développement ont offertes aux agriculteurs ont évolué. Au début de la révolution verte, les sélectionneurs ont développé des variétés qui répondaient aux engrais, qu'ils ont testées sous divers niveaux d'intrants pour identifier la meilleure performance moyenne. Les agriculteurs étaient supposés appliquer les mêmes pratiques, incluant l'apport de pesticides, d'une année sur l'autre. Par après, les scientifiques ont ciblé leurs recommandations selon les conditions du sol et du climat et les ressources des agriculteurs.

La recherche continue d'une plus grande productivité et d'impacts plus faibles sur

l'environnement a conduit à d'autres approches pour améliorer les systèmes de production qui tiennent compte de la variabilité locale.

L'agriculture de précision. Les informations spatiales informatisées sur les sols, le drainage, les rendements et d'autres caractéristiques sont utilisées pour adapter précisément l'application d'intrants afin de réduire la pollution de l'environnement et d'obtenir une réponse de rendements plus efficace (Stoorvogel *et al.* 2004). Cependant, prédire le rendement est rendu difficile par le caractère imprévisible du temps, alors que les coûts de cartographie et de technologie informatique sont justifiés principalement pour des exploitations de grande taille avec un potentiel de rendement élevé.

Utilisation des ressources locales. En réponse au coût des intrants achetés, les communautés rurales ont commencé à retrouver les technologies traditionnelles et à chercher des substituts basés sur les ressources locales, telles que les fumiers verts et les infusions botaniques, ainsi que des pratiques de conservation des sols. Vues d'abord avec scepticisme, ces techniques font dorénavant parties des évaluations scientifiques et ont été incorporées dans les programmes de formation.

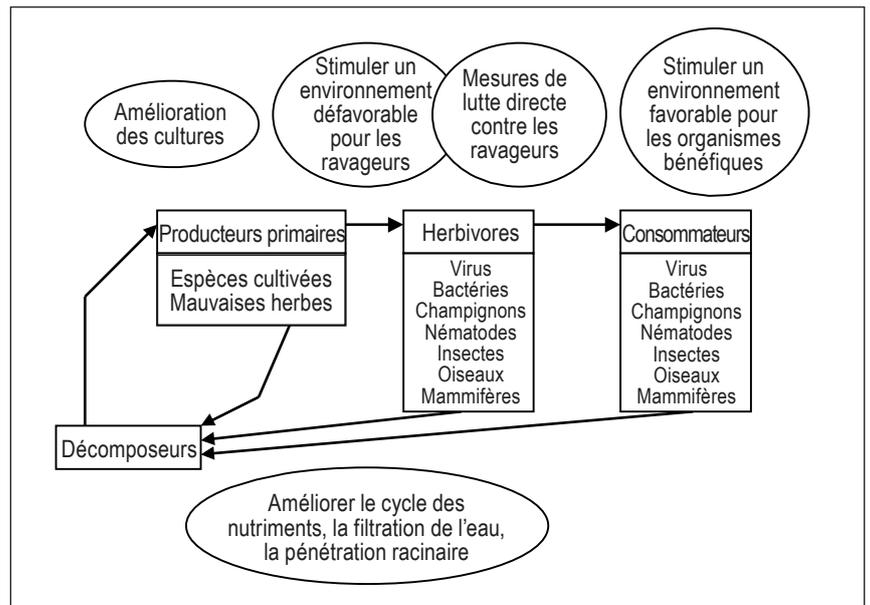
Les processus écologiques au service des systèmes de culture conçus localement. Dans cette approche, les agriculteurs sont informés sur les processus écologiques tels que les chaînes alimentaires, les cycles de nutriments et la gestion de l'habitat et ils utilisent ces concepts pour concevoir ou affiner les systèmes de culture locaux pour lutter contre les ravageurs, améliorer le cycle des nutriments et obtenir des plantes saines. Les agriculteurs ne font pas que suivre la meilleure pratique moyenne mais combinent diverses stratégies de gestion de l'agro-écosystème des cultures et du sol (figure 1). En se basant sur leurs connaissances accrues des processus écologiques et sur leur capacité à raisonner de manière écologique, ils peuvent innover pour gérer la variabilité et l'incertitude et utiliser des intrants qui stimulent les processus écologiques au lieu de se substituer à eux.

La reconnaissance accrue du rôle joué par la variabilité a commencé à élargir l'objectif des projets de développement des intrants et des technologies pour inclure les aptitudes des personnes qui utilisent ces technologies, la base des informations qu'ils possèdent pour prendre des décisions et leurs stratégies pour incorporer

des pratiques alternatives. Dans un objectif technologique, les essais scientifiques sont utilisés pour générer et valider les pratiques qui sont en moyenne les meilleures. Elles sont promues au travers de journées au champ (figure 2A). Cependant, de la perspective des utilisateurs de technologie, de tels jours au champ représentent seulement un des nombreux apports dans leurs processus de prise de décision (figure 2B). Les agriculteurs expérimentent et travaillent en réseau. Ils filtrent l'information et l'expérience d'une large gamme de sources et les adaptent à leurs problèmes de culture et aux opportunités qui se présentent. Cette orientation vers le renforcement de la capacité de la communauté des agriculteurs à adopter de nouvelles technologies et à les intégrer dans leur stratégie de subsistance appelle à de nouvelles approches pour la formation.

Apprentissage et expérimentation participative

La formation d'adultes diffère de l'éducation formelle que la plupart d'entre nous avons expérimentée enfants. Tout d'abord, les agriculteurs qui participent à la formation sont immergés dans leur sujet. Ils ont une grande expérience de la production de la culture sur leurs propres fermes avec les ressources disponibles dans leur région, et sous des conditions climatiques variables et



des marchés fluctuants. L'expérience de chaque agriculteur est un exemple de variabilité et donc une ressource pour le formateur. Deuxièmement, les agriculteurs sont très motivés pour acquérir de nouveaux savoirs sur une plante qui fait souvent partie de leur stratégie de revenus et de sécurité alimentaire, bien qu'ils aient chacun leur propre groupe d'intérêts. Un processus de formation

Figure 1: Un réseau trophique simplifié (rectangles et flèches) et des stratégies possibles de gestion agroécologique (cercles).

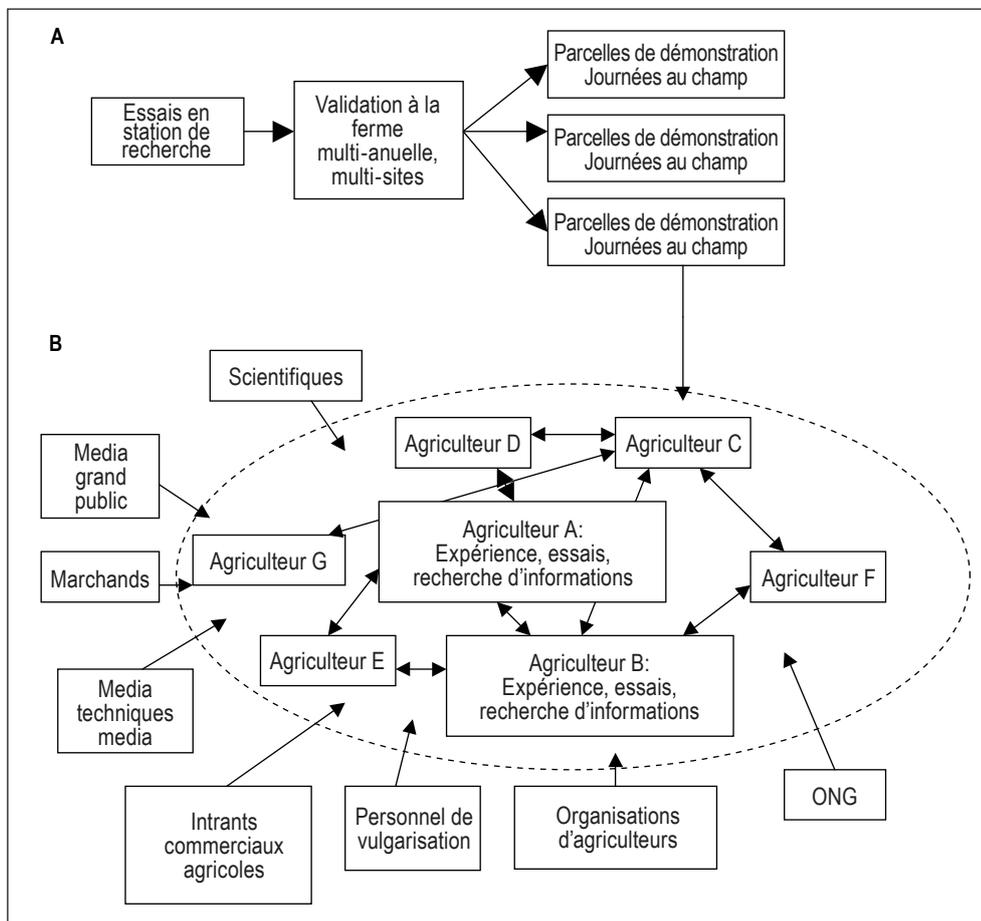


Figure 2. (A) Les essais scientifiques utilisés pour générer et valider les pratiques développées par les scientifiques et les journées au champ organisées pour les promouvoir sont une des nombreuses sources d'information (B) auxquelles les agriculteurs ont accès.

destiné aux adultes doit utiliser des situations de la vie de tous les jours comme des laboratoires d'apprentissage, créer un climat de collaboration qui fasse ressortir les expériences et approches différentes qu'apportent les participants pour les incorporer dans un cycle d'apprentissage (analyse, planification, action, observation).

Ces principes ont été appliqués à un projet de lutte intégrée contre les ravageurs au Nicaragua, financé par la Norvège et mené par le *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza* (CATIE) afin de mettre au point une approche visant à former les agriculteurs à la gestion agroécologique des cultures et des ravageurs. Cette approche est connue sous le nom d'apprentissage et d'expérimentation participatifs en groupe et par stade de culture (Staver 2004). Dans le cas de *Musa*, le projet a travaillé avec *MusaNic*, un groupe d'organisations de recherche, d'apprentissage et de vulgarisation et d'associations de planteurs cherchant à rendre la recherche et la formation plus efficaces (CATIE 2003a). Cette approche repose sur les écoles d'agriculteurs de la FAO (www.communityipm.org) et sur la recherche participative avec les agriculteurs (Okali *et al.* 1994, Haverkort *et al.* 1991).

Les objectifs pour les participants sont de :

- acquérir des connaissances sur l'écologie des principaux ravageurs et sur la façon de les identifier ;
- renforcer leurs compétences d'observation liées aux décisions concernant la gestion des ravageurs et des cultures ;
- renforcer leur capacité de raisonnement agroécologique (réseaux trophiques, cycles vitaux, cycles nutritifs, rôle des facteurs biotiques et abiotiques dans la dynamique des populations, et les facteurs influençant la variabilité observée entre les fermes, les saisons et les champs) ;
- améliorer leur connaissance des pratiques culturales sans pesticides ;
- utiliser des expériences pour tester et adapter des pratiques culturales ;
- promouvoir des réseaux informels d'agriculteurs ;
- rechercher et évaluer l'information issue de nombreuses sources.

Dans le processus d'apprentissage et d'expérimentation participatifs en groupe et par stade de culture, un vulgarisateur rencontre un groupe d'agriculteurs avant la plantation pour discuter des problèmes de ravageurs et de culture et de leur expérience de différentes pratiques, pour établir les priorités en matière de problèmes à étudier et d'alternatives à tester et pour identifier des indicateurs pour évaluer les progrès du groupe. Des volontaires offrent de mettre en place des essais et de rechercher les ravageurs dans leurs champs. A des moments clés dans le cycle de production, ils se réunissent pour comparer la croissance des plantes et le niveau des ravageurs.

Ils discutent également des progrès de leurs essais. A chaque réunion, ils effectuent des visites au champ et des exercices de découverte pour renforcer leurs connaissances sur l'écologie de la plante, les autres producteurs primaires, les ravageurs et les organismes bénéfiques ainsi que les conditions du sol. A la fin du cycle, le groupe passe en revue ce qu'ils ont discuté, vu, fait et appris. Ils identifient les leçons apprises les plus importantes à utiliser dans le cycle de culture suivant et les problèmes qui pourraient faire l'objet d'expérimentations ou d'études.

L'approche utilise des méthodes participatives plutôt que des exposés conventionnels avec du matériel audiovisuel pour des raisons pratiques et philosophiques. Dans les zones rurales, l'électricité est souvent peu fiable et l'équipement est onéreux et difficile à transporter. D'autre part, des champs de *Musa* d'âges différents avec des problèmes de ravageurs différents sont facilement disponibles pour des exercices de laboratoire en champ. Les agriculteurs sont plus à l'aise dans des cadres informels que dans une salle de classe. De plus, la rétention et l'apprentissage sont plus efficaces quand des méthodes actives plutôt que passives sont utilisées.

L'approche en groupe multiplie les opportunités d'apprentissage pour chaque participant. Un groupe de 15-20 agriculteurs se réunissant 4-6 fois durant un cycle de culture peut discuter sur 60-80 rapports d'observation des plantes et des ravageurs et 30-40 essais.

L'approche met l'accent à la fois sur l'apprentissage et l'expérimentation. L'expérimentation est un processus plus formel, alors que l'apprentissage est plus large et peut être atteint avec de nombreuses approches différentes – comparaisons de variabilité intra-champ, analyse en groupe de données de contrôle, visites de fermes, revue de la prise de décision à la fin d'un cycle de culture, extrapolation des leçons apprises à petite échelle à l'ensemble du champ et de mise en pratique des principes. Enfin, un processus de formation par stade de la culture se construit sur de nombreux cycles d'apprentissage qui vont de l'observation et l'analyse à la planification et à l'action. Le cycle de culture lui-même est un cycle d'apprentissage à partir duquel les agriculteurs apprennent pour le cycle de culture suivant. Pendant le cycle de culture, chaque réunion d'agriculteurs est également un cycle d'apprentissage basé sur les problèmes de la phase de culture particulière.

Application de cette approche à *Musa*

Les plaines de la zone Pacifique du Nicaragua ont une saison des pluies de six mois suivie d'une saison sèche incluant parfois quelques pluies. Ce n'est pas le climat idéal pour la production de

Musa, mais les bananes plantain et les bananes à cuire sont des cultures de rente importantes dans certaines zones. L'apprentissage et l'expérimentation participatifs en groupe et par stade de culture dans cette région comprend sept réunions (tableau 1) se déroulant sur environ 18 mois (CATIE 2003a). Trois réunions sont planifiées avant la plantation, une lors de l'évaluation finale et trois pendant le cycle de culture. Chaque réunion a un thème majeur correspondant aux besoins de prise de décision du moment.

Au cours de la première réunion, les agriculteurs passent en revue leurs pratiques de production actuelles, les problèmes majeurs qu'ils rencontrent et les alternatives qu'ils sont en train de tester. Ils répondent également à dix questions sur leur savoir agroécologique en utilisant des échantillons vivants et des photographies. Lorsque la réunion se termine, ils planifient ce qu'ils veulent tester dans leurs champs et apprennent sur l'agrosystème de *Musa*.

La seconde réunion est ciblée sur le matériel de plantation qui est fréquemment une source de maladies et de ravageurs. Les agriculteurs vont dans un champ proche et récoltent des échantillons de plantes à problèmes. Le groupe

se réunit pour discuter de la cause de chaque problème, comment celui-ci a atteint le champ, ce qui cause son augmentation et comment il affecte la production. Dans le même champ, les agriculteurs font une estimation de la disponibilité de mauvais, moyen et bon matériel de plantation. Ils finissent la réunion en plantant un petit essai avec des matériels de plantation qui ont été parés ou non. Des volontaires offrent de faire l'essai sur leur propre exploitation ou d'estimer la qualité des rejets.

Au cours de la troisième réunion, les agriculteurs commencent par faire un rapport sur la qualité et le nombre de rejets qu'ils ont trouvés dans le champ qui a été choisi pour obtenir le matériel de plantation. Dans un champ voisin qui en est au moins à son troisième cycle de production, de petits groupes quantifient les problèmes de maladies et de ravageurs, la vigueur des plantes et la qualité des régimes. En se basant sur ces données, ils discutent des mesures pouvant être appliquées pendant la plantation pour éviter les principaux problèmes rencontrés dans les champs de *Musa* plus anciens. Ils rejoignent ensuite l'agriculteur hôte dont le champ va être planté lors de la prochaine saison. Ils font un plan du champ

Tableau 1. Exemple d'un processus de formation des agriculteurs dans une zone humide-sèche du Nicaragua.

Stade de culture	Thèmes	Points à discuter
Préparation pour la plantation	Problèmes et priorités (mars – saison sèche)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comment produisons-nous les <i>Musa</i> ? 2. Quels sont nos problèmes principaux ? 3. Que savons-nous de <i>Musa</i> et de ses ravageurs ? 4. Qu'allons-nous tester/que voulons-nous apprendre ?
	(avril – saison sèche) Source du matériel de plantation	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diagnostiquer les ravageurs et maladies dans des champs nouveaux et anciens – origine des ravageurs, leur mouvement, les conditions favorisant leur accumulation 2. Estimer combien de nouveaux rejets sont disponibles dans chaque champ 3. Estimer la qualité des rejets et préparer du matériel de plantation
Plantation	Conception du nouveau champ (début mai – avant les premières pluies)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre et qualité des rejets présents dans les champs 2. Analyse des champs anciens (problèmes liés aux pratiques de plantation) 3. Analyse des facteurs favorables et défavorables dans les nouveaux champs 4. Evaluation des rejets plantés à la réunion précédente 5. Essais possibles, incluant de nouveaux cultivars
Croissance végétative	Statut des nouvelles plantes (août – pluies)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quels essais ont été mis en place ? 2. Analyse des nouvelles plantations – effet du rejet et des caractéristiques du champ sur la vigueur de la plante et les futurs problèmes de ravageurs 3. Mauvaises herbes – croissance, cycles de vie, problèmes et bénéfices, options de gestion 4. Idées d'essais – mauvaises herbes, santé des plantes, propagation des ravageurs
	Plan pour les prochaines pluies (février – saison sèche)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analyse de ce qui se passe dans les essais 2. Couverture du sol pendant la saison sèche et apport de nutriments 3. Idées et plans pour la gestion de la saison des pluies
Récolte	Gestion de la production (juillet – pluies)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analyse de ce qui se passe dans les champs et les essais 2. Evaluation de la santé des plantes et des racines 3. Projection de la récolte et des coûts
	Evaluation finale (octobre – pluies)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analyse de la croissance des plantes, du rendement et des profits 2. Analyse pour savoir si les essais ont abordé les problèmes identifiés 3. Ce qui a été appris 4. Ce qui peut être développé et ce qui devrait être testé au cours du cycle suivant

et de ses environs, en identifiant les facteurs susceptibles de poser certains problèmes, et discutent ensuite des alternatives de gestion. Ils finissent la journée en observant les rejets plantés lors de la réunion précédente puis les déterrent. Ils identifient les rejets de bonne qualité et discutent des effets du parage sur la croissance des racines et la vigueur de la plante. Le vulgarisateur et les agriculteurs suggèrent des pratiques à tester.

Lors des quatrième, cinquième et sixième réunions, le groupe suit les progrès des plantes, l'augmentation des problèmes liés aux ravageurs et la réponse des plantes à une pluviosité variable. Ils terminent de courts exercices d'apprentissage et mettent en place des essais pour tester des pratiques de gestion alternatives. A chaque réunion, les agriculteurs discutent également les conditions dans leurs propres champs et informent les autres des progrès de leurs essais.

A la réunion d'évaluation, le vulgarisateur et les agriculteurs passent en revue le temps, les niveaux de ravageurs ainsi que la croissance et le rendement pendant le cycle. Ils calculent les coûts et les rendements et discutent sur la façon d'améliorer leur prise de décision. Ils refont le test sur leurs connaissances agro-écologiques et réfléchissent sur ce qu'ils ont appris. Ils analysent également leurs essais pour déterminer si des alternatives peuvent être développées à plus grande échelle et quels thèmes nécessitent leur attention pendant le cycle de culture suivant.

Concevoir une formation pour d'autres zones

Parce que les agriculteurs sont confrontés à une gamme différente de problèmes suivant l'endroit où ils habitent, le contenu du processus de formation utilisé au Nicaragua peut ne pas être applicable ailleurs. Dans cette section, nous décrivons six grandes étapes qu'un groupe de formateurs et de chercheurs ayant une expérience pratique de *Musa* peut utiliser pour développer un programme d'apprentissage et d'expérimentation participatifs dans le cadre de leurs propres conditions (CATIE 2003b).

1. Définir les principales zones de production par type de technologie et agro-climat

Pour la zone d'intérêt, le groupe identifie la gamme de technologies de production utilisées et le temps, le climat et les conditions de sol marquantes sous lesquelles les plantes sont cultivées. Il peut y avoir deux ou trois zones de production majeures avec une gamme similaire de technologies. Au Nicaragua, *MusaNic* a défini trois zones (moyenne altitude avec une saison sèche de trois mois, plaines de la zone Atlantique avec une saison sèche courte et plaines de la zone Pacifique avec une saison sèche de six mois) et trois technologies de production (consommation domestique avec un

minimum d'intrants et de gestion, orientation vers le marché avec des intrants limités et sans irrigation, production pour le marché avec des intrants modérés et irrigation).

2. Identifier les problèmes dans les zones clé

En se basant sur l'expérience du groupe de scientifiques et de vulgarisateurs rassemblés, chaque zone clé est caractérisée selon le rendement moyen, les pratiques agronomiques, les principaux problèmes de ravageurs, l'étendue de l'utilisation de pesticides, les problèmes de déclin du rendement, les principaux coûts de production et les problèmes particuliers que les agriculteurs rencontrent pour obtenir une valeur plus grande pour leur culture.

3. Identifier les alternatives clé pour passer de la situation actuelle à une situation améliorée

Le groupe décrit alors une situation améliorée que les agriculteurs doivent être capables d'atteindre sans changements majeurs dans les ressources investies – peut être une augmentation du rendement de 30%, une réduction des coûts de production de 40%, l'élimination d'un pesticide toxique. Le groupe identifie alors les actions à entreprendre pour atteindre une situation améliorée, telles que des changements de pratiques, l'acquisition de nouvelles compétences et toute recherche complémentaire.

4. Organiser l'information disponible par stade de culture

Avec les informations des étapes précédentes, le groupe de conception met en place une matrice par stade de culture. Le groupe commence par identifier les informations de base par stade de culture, telles que les besoins en eau et en nutriments et la réponse des plantes à un déficit et à un excès. Les interactions plante-ravageur pour chaque ravageur clé peuvent aussi être présentées par stade de culture. Comment le ravageur atteint-il le champ, quelles sont les conditions qui favorisent et entravent sa croissance ? Y a-t-il des organismes de contrôle naturels, quelles sont les conditions qui favorisent et entravent leur activité ? Toutes les pratiques pertinentes de gestion qui conduisent à l'élimination de pesticides toxiques, à une réduction des coûts de production ou à une augmentation de productivité sont aussi identifiées. Avec cet ensemble d'informations de base, le groupe identifie alors les moments clé pendant lesquels les agriculteurs peuvent se réunir pour apprendre le plus possible. Beaucoup des décisions clé sont prises avant la plantation.

5. Identifier ce que les agriculteurs vont tester dans leurs champs

A ce stade de la conception du programme d'apprentissage, le groupe doit identifier quelles

activités d'apprentissage les agriculteurs doivent effectuer quand ils retourneront sur leur exploitation après chaque réunion. Les formateurs doivent garder à l'esprit que les agriculteurs feront un rapport sur cette activité à la prochaine réunion. L'activité peut inclure la surveillance du niveau des ravageurs, de la vigueur des plantes ou de la qualité des rejets, un exercice d'apprentissage sur le parage des rejets, la suppression du bourgeon, l'estimation des populations de vers de terre, le piégeage des charançons, l'expérimentation de pratiques de gestion alternatives telles qu'une nouvelle variété, de l'engrais vert, la densité de plantation ou la gestion sélective des mauvaises herbes. La gamme d'activités pour le cycle de culture entier doit être étroitement liée aux changements clé identifiés précédemment pour faire passer la production de la situation actuelle à une situation améliorée en termes de compétences et de pratiques des agriculteurs.

6. Concevoir des activités d'apprentissage pour motiver les agriculteurs et les préparer à agir

Une fois que le groupe a identifié les activités que les agriculteurs pourraient réaliser, la réunion est conçue pour préparer les agriculteurs à retourner sur leurs exploitations avec les compétences nécessaires, les matériels et l'enthousiasme pour réaliser l'activité. Une réunion de 4-5 heures doit inclure un temps au début pour passer en revue, discuter et analyser ce que les agriculteurs ont fait depuis la réunion précédente et laisser du temps à la fin pour identifier qui fera quoi avant la prochaine réunion. Au milieu, 2-3 heures peuvent être dédiées à de nouvelles activités d'apprentissage. Dans un processus de formation avec 6 réunions d'agriculteurs, seules environ 8-12 heures seront disponibles pour ces activités. Les activités d'apprentissage qui sont trop longues ou trop compliquées peuvent avoir été prévues avec de bonnes intentions mais sont moins efficaces qu'un processus bien conçu avec un niveau de contenu modéré.

Contrôler les résultats et les impacts

La procédure décrite ci-dessus prépare les formateurs et les vulgarisateurs à travailler avec des groupes d'agriculteurs dans une région particulière. La conception est une première approximation qui peut être modifiée pendant le processus lui-même. Après la réunion avec les agriculteurs pour établir le diagnostic, les activités peuvent être ajustées en se basant sur les résultats du test de connaissances agro-écologiques et les problèmes classés par ordre de priorité. Après chaque réunion suivante, les activités peuvent continuer à être ajustées selon les problèmes de ravageurs, ou tout autre problème qui est apparu pendant le cycle de culture. Les formateurs et

vulgarisateurs peuvent aussi rendre visite aux agriculteurs entre chaque réunion pour vérifier les essais, contrôler leur compréhension du processus de formation et en apprendre plus sur les ressources et les contraintes de chaque foyer individuel.

A la fin du processus d'apprentissage et d'expérimentation participatifs, les formateurs auront accumulé de nombreuses données pour évaluer l'efficacité de leur travail – quelle a été la régularité de la participation des agriculteurs, combien les agriculteurs ont appris, combien d'agriculteurs ont fait des essais, effectué des observations structurées ou des exercices d'apprentissage dans leurs propres champs et quelles pratiques les agriculteurs prévoient de développer dans le prochain cycle de plantation. Cette expérience peut alors être utilisée pour améliorer la conception du nouveau cycle de formation, pour renforcer plus efficacement la prise de décision des agriculteurs dans la gestion agroécologique des cultures (Staver et Guharay 2004).

Références

- CATIE. 2003a. Guía para el Manejo Agroecológico de Musáceas. CD. Managua, Nicaragua
- CATIE. 2003b. ¿Cómo analizar el estado de tecnologías y conocimientos para un manejo agroecológico?. CD. Managua, Nicaragua.
- Haverkort B., J. van der Kamp & A. Waters-Bayer. 1991. Joining farmers' experiments: Experiences in participatory technology development. Intermediate Technology Publications, London.
- Okali C., J. Sumberg & J. Farrington. 1994. Farmer Participatory Research. Intermediate Technology Publications, London.
- Staver C. 2001. Knowledge, science and practice in ecological weed management: farmer-extensionist-scientist interactions. Pp. 99-138 in *Ecological Management of Agricultural Weeds* (M. Liebman, C. Mohler and C. Staver, eds). Cambridge University Press.
- Staver C. 2003. Farmer learning linked to ecological processes for better pest management: Challenges to CATIE and its partners (in Spanish). *Revista MIP y Agroecología* 65:21-33.
- Staver C. 2004. El MIP eficaz: aprendizajes metodológicos sobre la relación familias rurales – extensionistas en los proyectos CATIE/NORAD en Nicaragua durante los 90's. In *Procesos de Innovación Rural en América Central - Reflexiones y Aprendizajes* (C. Prins, ed.). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Staver C. & F. Guharay. 2004. Beyond integrated pest management: From farm households to learning capacity and innovations systems. In *Participatory Research and Development for Sustainable Agriculture and Natural Resource Management: A Sourcebook*. (J. Gonsalves, T. Becker, A. Braun, D. Campilan, H. De Chavez, E. Fajber, M. Kapiriri, J. Rivaca-Caminade and R. Vernooij, eds). CIP-UPWARD, Laguna, Philippines; IDRC, Ottawa, Canada; IFAD, Rome, Italy.
- Stoorvogel J., J. Bouma & R. Ortiz. 2004. Participatory research for systems analysis: prototyping for Costa Rica. *Agronomy Journal* 96(2):323-336.

Charles Staver travaille au Réseau International pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain (INIBAP), Parc Scientifique Agropolis II, Montpellier, France

La création de l'INIBAP

Bien que les bananes et les bananes plantain (*Musa* spp.) soient réputées être le quatrième produit alimentaire de base le plus important au monde, ces cultures étaient encore récemment largement ignorées par les instituts de recherche agricole nationaux des pays en développement. Au début des années 80, le très ancien programme d'amélioration du bananier dans les Caraïbes était en veilleuse. Seuls le Brésil, l'Inde, le Nigeria, les Philippines et les Caraïbes avaient des programmes de recherche sur *Musa*, et encore étaient-ils insuffisamment dotés en personnel et en crédits. Partout ailleurs, les recherches consacrées à *Musa* étaient principalement menées par une poignée de scientifiques travaillant sur tel ou tel projet de recherche. La seule exception était le Honduras où une entreprise privée venait de confier à l'Etat son programme de recherche sur l'amélioration génétique et la pathologie des bananes d'exportation.

Dans les pays développés, le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) dirigeait le plus grand programme de recherche sur *Musa* avec des antennes à Montpellier, en Guadeloupe et en Afrique francophone. L'Australie avait un programme de recherche de moindre envergure, mais néanmoins important.

Ce désintérêt s'expliquait principalement par le fait qu'en général, dans le monde développé, l'on croyait à tort que la banane était une culture d'exportation dont la commercialisation et la production relevaient essentiellement des grandes multinationales, alors que dans les années 80, la part de la production totale de *Musa* qui était exportée comme banane dessert était de 7% inférieure à celle enregistrée aujourd'hui. Et, cela reste une constante, la plupart des bananes et des bananes plantain produites sous les tropiques sont consommées localement.

A peu près au même moment toutefois, tandis que les chercheurs obtenaient des résultats avec les grandes autres cultures, la mise en oeuvre, le financement et la coordination d'actions à l'échelle internationale concernant *Musa* suscitaient un intérêt croissant. Les principales préoccupations touchaient au matériel génétique restreint de la plante et à la diffusion rapide de la maladie des raies noires, provoquée par le champignon *Mycosphaerella fijiensis*, qui faisait des ravages dans les bananeraies.

En Amérique latine et dans les Caraïbes, zones épargnées à cette époque par la maladie des raies noires, l'appel pour une aide internationale est parti de l'ACORBAT, une association régionale de chercheurs travaillant sur *Musa* et les systèmes de production ou conduisant des travaux de vulgarisation dans ce domaine. Le gouvernement jamaïcain a par ailleurs soulevé la question de la nécessité d'une action internationale à une réunion de la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement en novembre 1982. En Afrique de l'Ouest, un soutien est venu de l'Institut international d'agronomie tropicale qui avait créé le *West African Regional Cooperation for Research on Plantain* (WARCORP) pour mener une série de projets, dans le cadre d'une collaboration entre plusieurs pays, destinés à accroître la productivité de *Musa* dans les exploitations traditionnelles. En Asie, ce sont des chercheurs de l'Université des Philippines à Los Baños (UPLB) qui ont fait pression pour une action internationale. Ces spécialistes de *Musa* avaient remarqué l'impact que l'*International Rice Research Institute* (IRRI), également basé à l'UPLB, avait eu sur les programmes nationaux.

Ces groupements régionaux ont adressé leurs demandes d'une action internationale coordonnée et de financements pour des recherches sur *Musa*, au Centre de recherches pour le développement international (CRDI) qui, au cours de la décennie précédente, avait manifesté un très grand intérêt pour le lancement de recherches sur les cultures des petits exploitants qui n'avaient pas leur place dans les systèmes internationaux de recherche agricole.

Le soutien prend de l'ampleur

Le CRDI donna une réponse favorable à ces demandes et confia à un consultant la mission de préparer une brève note de synthèse sur la nécessité pour la communauté des donateurs de mener une action en faveur de *Musa*. En novembre 1983, cette note fut présentée à la semaine des Centres internationaux qui se tenait à Washington. Les représentants de 15 organismes donateurs, 5 pays producteurs et 3 centres internationaux de recherche agricole assistaient à cette réunion. Les participants sont convenus qu'il était temps de lancer une initiative internationale, sous une forme ou sous une autre, pour favoriser l'amélioration génétique de *Musa*. La préférence a été clairement donnée à un réseau de recherches

qui ferait le lien entre les donateurs et les programmes nationaux, plutôt qu'à un centre international agricole similaire à ceux membres du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI). Il a été demandé au CRDI de consulter les représentants des programmes nationaux de recherche sur *Musa*, les spécialistes de *Musa* et les donateurs, et de faire une proposition formelle à la réunion du groupe des donateurs du GCRAI qui devait se tenir à Rome en mai 1984.

Lors des consultations régionales pour l'Afrique, les participants ont vigoureusement soutenu cette idée de réseau et préconisé d'accorder une large place à l'amélioration génétique. Après s'être rendus, début 1984, aux Philippines, en Thaïlande, en Malaisie, en Indonésie, en Papouasie Nouvelle Guinée et dans le Pacifique sud, d'où est originaire la maladie des raies noires, des chercheurs financés par l'*Australian Centre for International Agricultural Research* sont parvenus à la même conclusion sur la nécessité d'un programme international consacré à *Musa*. Lors des consultations régionales pour l'Amérique latine et les Caraïbes, qui se sont tenues à Miami en avril et mai 1984, les participants ont fait des propositions détaillées à l'appui de cette conception de réseau.

Outre ces consultations régionales, il a été demandé à trois éminents spécialistes de *Musa* d'esquisser les grands traits du programme de recherche. Jean Champion, Norman Simmonds et Edmond de Langhe se sont retrouvés à Gatwick, au Royaume-Uni, en décembre 1983. Ils ont proposé que soient retenues les priorités suivantes : recenser et évaluer les clones de bananier dans les pays producteurs ; acquérir une compréhension, sous l'angle social et agronomique, des systèmes de production de *Musa* et de leur utilisation et élaborer un programme international d'amélioration génétique ciblant principalement les cultures des petits producteurs. D'un point de vue structurel, ils ont estimé nécessaire d'établir un programme international d'amélioration génétique et trois réseaux régionaux et d'assurer aussi une bonne gouvernance avec la mise en place d'un petit secrétariat épaulé par un organe consultatif scientifique.

Plusieurs réunions rassemblant des représentants des pays et des organismes donateurs intéressés ont également été organisées par le consultant du CRDI. La plupart ont porté sur des questions d'organisation. La localisation du secrétariat central préoccupait particulièrement certains donateurs. Cette question a en outre été

abordée pendant les consultations régionales, un certain nombre de participants ayant alors fait valoir que leur pays conviendrait pour accueillir le siège du réseau.

Les derniers détails à régler

La note de synthèse proposant la création d'un réseau a été présentée à la réunion du groupe des donateurs à Rome, en mai 1984. Le groupe a approuvé la note dans son principe et demandé au CRDI d'entreprendre des consultations supplémentaires pour obtenir des engagements de financement auprès des donateurs, déterminer l'emplacement du siège et la composition du Conseil d'administration et fournir une liste des personnes pouvant exercer la fonction de directeur général, tout cela à temps pour la Semaine des Centres en novembre 1984. Lors de cette réunion, la recommandation de créer un réseau secondé par un groupe d'appui des donateurs, plutôt qu'un centre GCRAI, a été acceptée compte tenu des contraintes pesant sur le financement du GCRAI et du nombre de centres demandant à faire partie du GCRAI.

A la première réunion du groupe d'appui des donateurs, un accord s'est dégagé sur la composition du Conseil d'administration, la nomination d'Edmond de Langhe au poste de Directeur ainsi que sur le nom du nouvel institut, le Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain (INIBAP), qui serait implanté à Montpellier. Certains donateurs ont affecté des fonds pour la première année de fonctionnement et le CRDI a accepté d'être l'organe exécutif jusqu'à ce que le réseau soit complètement opérationnel.

L'étape suivante a été la signature avec le gouvernement français d'un traité international garantissant un statut international à l'INIBAP. Signé en décembre 1988, le traité devait être ratifié par au moins quatre autres pays. Dès 1990, il était ratifié par la Belgique, le Canada, la Colombie, les Philippines et le Sénégal.

L'INIBAP fonctionna comme une organisation intergouvernementale autonome et à but non lucratif jusqu'en 1990 lorsqu'il fut invité à intégrer le système GCRAI. Une nouvelle étape décisive a eu lieu en 1995 lorsque l'INIBAP a rejoint l'Institut international des ressources phytogénétiques (IPGRI), également membre du GCRAI.

Barry Nestel
Consultant

La ploïdie des accessions de la collection de *Musa* enfin connue

Les résultats sont là. Après des années de travail, les degrés de ploïdie de toutes les accessions constituant la plus grande collection au monde de ressources génétiques de *Musa* sont désormais connus.

La Collection internationale de ressources génétiques du genre *Musa* est rassemblée au Centre de Transit (ITC) de l'INIBAP qui se trouve à la *Katholieke Universiteit Leuven* (KULeuven) en Belgique. Les accessions sont maintenues dans des conditions de croissance ralentie sous forme de bourgeons apicaux en prolifération (Van den houwe *et al.* 1995). L'ITC a actuellement en dépôt 1175 accessions, chacune d'entre elles étant représentée par 20 plantules de cultures tissulaires. La liste des accessions disponibles dans la collection peut être consultée sur le site web de l'INIBAP (<http://www.inibap.org>).

Dans le cadre de la mission qui lui a été confiée de faciliter l'accès à la diversité génétique, l'ITC distribue gratuitement des échantillons à des utilisateurs de bonne foi et communique, dans le même temps, les données disponibles sur les accessions. Au cours des vingt dernières années, l'ITC a fourni plus de 60 000 échantillons d'accessions exemptes de virus à des chercheurs du monde entier. Pour favoriser une utilisation encore plus large des accessions, l'ITC a entrepris, au printemps 1999, de déterminer le degré de ploïdie de toutes les accessions de la collection, en recourant à la meilleure technique existante.

La ploïdie, ou le nombre de chromosomes appariés dans une cellule, est l'un des caractères définissant une espèce ou un cultivar. Les espèces sauvages et les sous-espèces sont toutes diploïdes tandis que les cultivars peuvent être diploïdes, triploïdes ou tétraploïdes. Connaître le degré de ploïdie d'une accession est non seulement utile pour confirmer sa classification, mais peut aussi permettre de déterminer si la plante a été modifiée par la conservation *in vitro* (le stockage *in vitro* est un facteur impliqué dans les mutations, les changements épigénétiques et les modifications de la structure et du nombre de chromosomes).

Traditionnellement, la ploïdie était déterminée par comptage des chromosomes dans les cellules en division de la pointe racinaire, opération qui prend énormément de temps et est compliquée dans le cas de *Musa* par le fait que les chromosomes sont petits et nombreux. Autre inconvénient de cette méthode, le nombre de chromosomes dans les cellules racinaires

n'est pas nécessairement représentatif de celui observé dans le reste de la plante.

Il y a une dizaine d'années, le Laboratoire de cytogénétique et de cytométrie moléculaire de l'Institut de Botanique expérimentale (IEB) a mis en évidence que le degré de ploïdie des bananiers pouvait être établi avec précision en recourant à la cytométrie en flux (Dolezel *et al.* 1994). Cette technique consiste à mesurer le contenu d'ADN nucléaire, qui est directement proportionnel au nombre de chromosomes. Plus récemment, la cytométrie en flux a également été employée avec succès sur des suspensions cellulaires embryogènes de *Musa* (Roux *et al.* 2004). Etant donné qu'il est facile de préparer l'échantillon et que l'analyse ne prend que quelques minutes, la méthode convient tout à fait pour analyser un grand nombre de plantes. A la différence du comptage des chromosomes, la cytométrie peut être appliquée sur n'importe quel type de tissu, ce qui facilite la détection de la mixoploïdie, autrement dit la présence de différents degrés de ploïdie dans une même plante.

Le pointage

A la fin du projet en 2004, les 1150 accessions stockées dans la collection ont été analysées (depuis, la collection s'est enrichie de 25 nouvelles accessions). Comme l'IEB se trouve à environ 1000 km de Leuven, à Olomouc en République tchèque, les plantes enracinées *in vitro* ont été expédiées en Cultu saks® (Figure 1), par lots de 50 accessions, avec cinq plantes par accession. A l'arrivée, les plantes ont été transplantées et mises en serre, pendant huit



Figure 1. Cultu saks® contenant les plantules *in vitro*.

semaines au plus, avant d'être analysées. Un petit morceau (d'environ 50 mg) de jeune tissu foliaire a été utilisé pour préparer la suspension nucléaire devant être analysée par cytométrie en flux (Dolezel *et al.* 1997). Au moins quatre plantes par accession ont été étudiées. Les accessions ayant donné des résultats discordants ont été soumises à une nouvelle analyse et la taille de l'échantillon a été portée à au moins dix plantes.

Les données sont maintenant disponibles à l'INIBAP dans le Système d'information sur les ressources génétiques de *Musa* (MGIS), une banque de données rassemblant les données de caractérisation et d'évaluation des accessions de *Musa* détenues dans seize collections de bananiers, dans le monde entier. Ces données peuvent être consultées en ligne sur <http://mgis.grinfo.net> en se reportant aux caractères cytologiques.

L'analyse a confirmé la ploïdie de 958 accessions et révélé le degré de ploïdie, jusque là inconnu, de 81 accessions (Figure 2). Non seulement ce travail a contribué à établir la classification en fonction de la ploïdie, mais il a aussi apporté la confirmation que maintenir les plantes dans des conditions *in vitro* ne provoque pas de changements à grande échelle dans le génome. Dans presque 10% des accessions toutefois, le degré de ploïdie observé était différent du degré précédemment accepté. A titre d'exemple, le cultivar 'Kamaramasenge' (ITC0127) est maintenant classé comme triploïde et non plus comme diploïde (Tableau 1).

La mixoploïdie, un signe clair d'instabilité génétique, a été observée dans neuf accessions comme 'Auko' (ITC0987) qui, ainsi que l'ont montré les résultats, est uniquement constituée

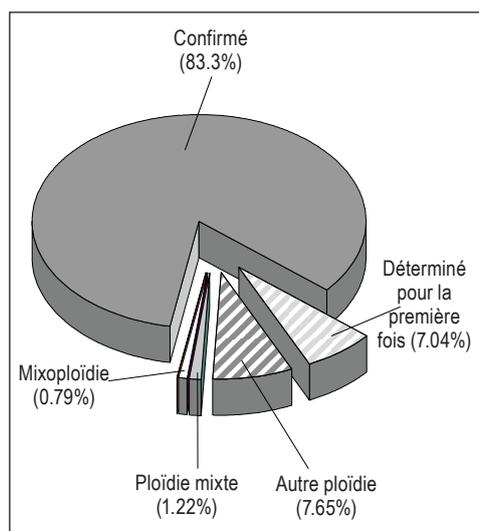


Figure 2. Distribution des 1150 accessions de *Musa* selon leur degré de ploïdie avant et après l'analyse par cytométrie en flux. La mixoploïdie concerne les plantes renfermant des cellules ayant différents degrés de ploïdie (par exemple 2x+3x). La ploïdie mixte se réfère aux accessions représentées par des plantes qui ont différents degrés de ploïdie.

Tableau 1. Exemples d'accessions dont le degré de ploïdie n'a pas été confirmé.

Code ITC	Nom de l'accession	Groupe	Ploïdie attendue	Ploïdie estimée par cytométrie en flux
0127	Kamaramasenge	AB	2x	3x
0051	Foulah 4	ABB	3x	4x
1261	PA03-22	AAAB	4x	3x
1065	Pisang slendang	AABB	4x	3x
1027	Asupina	Fe'i	2x	3x

Tableau 2. Exemples d'accessions dans lesquelles ont été observées des plantes mixoploïdes et des plantes dont le degré de ploïdie relevé ne correspond pas à celui attendu.

Code ITC	Nom de l'accession	Groupe	Ploïdie attendue	Ploïdie estimée par cytométrie en flux*
0983	Auko	AB	2x	2x+3x (15)
0987	Auko	AB	2x	2x (10); 2x+3x (13)
0796	Kirkiman	AA	2x	2x (10); 4x (2); 2x+4x (2)
0043	Champa nasik	AAAA	4x	2x (7); 4x (10)
1465	lbwi	AAAh	3x	2x (8); 3x (8)

*Le nombre de plantes est indiqué entre parenthèses.

de plantes mixoploïdes contenant des cellules à la fois diploïdes et triploïdes (Tableau 2). Les autres accessions dans lesquelles la mixoploïdie a été détectée étaient également représentées par des plantes non-mixoploïdes dont le degré de ploïdie était différent de celui attendu.

Enfin, 14 accessions avaient des plantes non mixoploïdes mais étaient représentées par des plantes présentant différents degrés de ploïdie, telles que 'lbwi' (ITC1465), qui a 8 plantes diploïdes et 8 plantes triploïdes (Tableau 2). Ces accessions dont les différences de degré de ploïdie ne peuvent être imputées à la polyploïdie (une duplication du génome), représentent 85% des accessions sur lesquelles le degré de ploïdie observé ne correspondait pas à celui prévu. Une explication possible est que la première analyse de la ploïdie a été incorrecte. Mais on peut aussi supposer qu'il y ait eu un échange accidentel de plantes entre différentes accessions, pendant le processus de repiquage.

A notre connaissance, ce travail est la plus grande entreprise jamais menée pour déterminer le degré de ploïdie d'une collection de culture à multiplication végétative. Les résultats fournissent aussi des données quantitatives sur le degré de variation génétique dans les matériels végétaux maintenus dans des conditions *in vitro*. Concernant la nature et l'origine de la variation observée, une réponse sera apportée par les travaux actuellement menés pour caractériser les accessions en utilisant des marqueurs moléculaires et en plantant des accessions en champ pour les évaluer *in situ*. Il est également prévu d'évaluer le degré de ploïdie de chaque nouvelle accession reçue à l'aide de la cytométrie en flux.

Remerciements

Nous remercions nos collègues Jan Bartoš, Nikol Gasmanová, Pavlína Kovárová, Martin Lysák, Pavla Suchánková, Katerina Vlácilová

Marie Dolezelová et Jaroslav Dolezel travaillent au Laboratoire de cytogénétique moléculaire et de cytométrie, Institut de botanique expérimentale, CZ-77200 Olomouc, République tchèque, **Ines Van den Houwe au** Centre de Transit de l'INIBAP, Kasteelpark Arenberg 13 - 3001 Leuven, Belgique, **Nicolas Roux à l'INIBAP,** Parc Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier Cedex 5, France et **Rony Swennen au** Laboratoire d'amélioration des cultures tropicales, KULeuven, Kasteelpark Arenberg 13 - 3001 Leuven, Belgique.

et Jan Vrána pour avoir réalisé les analyses de cytométrie en flux et Els Kempnaers, Ronald Bogaerts et Jeroen Mertens pour les manipulations *in vitro*. Ce travail a bénéficié d'un financement de l'INIBAP (contrats de recherche INIB 98/21 et INIB 2001/06) et de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (contrat de recherche No. 12230) et a été réalisé dans le cadre de PROMUSA, un Programme global d'amélioration des bananiers et des bananiers plantain.

Références

Dolezel J., M. Dolezelová & F.J. Novák. 1994. Flow cytometric estimation of nuclear DNA amount in diploid bananas (*Musa acuminata* and *Musa balbisiana*). *Biologia Plantarum* 36: 351-357.

Dolezel J., M.A. Lysák, I. Van den houwe, M. Dolezelová & N. Roux. 1997. Use of flow cytometry for rapid ploidy determination in *Musa* species. *InfoMusa* 6: 6-9.

Roux N., H. Strosse, A. Toloza, B. Panis & J. Dolezel. 2004. Detecting ploidy level instability of banana embryogenic cell suspension cultures by flow cytometry. Pp. 251-261 *in* Banana Improvement: Cellular, Molecular Biology, and Induced Mutations (S. Mohan Jain and R. Swennen, eds). Science Publishers Inc., Enfield, USA.

Van den houwe I., K. De Smet, H. Tézenas du Montcel & R. Swennen. 1995. Variability in storage potential of banana shoot cultures under medium term storage conditions. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 42:269-274.

Résultats d'une enquête sur le travail de l'IPGRI

En décembre 2004, une enquête auprès des partenaires a été conduite dans le cadre de la revue externe du nouveau programme de l'IPGRI *Commodities for Livelihoods*. Le questionnaire, diffusé en trois langues, comprenait 31 questions visant à obtenir des commentaires sur certains aspects du travail de l'IPGRI sur le cacaoyer, le cocotier, le bananier et le bananier plantain, à savoir : la coordination des réseaux, les produits d'information, la qualité des partenariats et les priorités futures. Il a été demandé à environ 300 participants de répondre à l'enquête et une invitation ouverte à y participer a été placée sur le site web de l'Inibap. Au total, 128 personnes ont répondu en complétant le questionnaire, soit directement sur Internet, soit en le renvoyant par courrier électronique.

La plupart des personnes ayant répondu ont dit être en contact régulier avec l'IPGRI (deux fois par an ou plus) et être employées dans des instituts de recherche publics (62%). Un nombre à peu près équivalent de personnes de chaque région productrice de bananes a répondu. Les trois-quarts étaient des scientifiques travaillant en biologie ou en agriculture. Les membres

de réseaux, incluant les réseaux régionaux, PROMUSA et le Consortium global sur la génomique de *Musa*, représentaient jusqu'à 64% des réponses, dont environ un tiers appartenait à plus d'un réseau. Cependant, seulement sept personnes des deux réseaux africains ont répondu.

Le résumé ci-dessous fournit les résultats de l'enquête relatifs à l'INIBAP :

Réseaux

A la question de savoir si les réseaux avaient rempli une fonction de manière adéquate, les réponses étaient qu'ils avaient servi ou en partie servi à une large gamme d'usages, la plus significative étant de fournir un forum pour des réunions. Les membres des réseaux ont clairement indiqué les domaines sur lesquels des améliorations doivent être apportées (tableau 1).

Les membres de tous les réseaux ont indiqué que « trouver des fonds provenant de sources externes » était une priorité importante pour faire fonctionner plus efficacement les réseaux (tableau 2). Par contre, les réponses étaient variées sur l'idée de limiter ou de faciliter la possibilité de devenir membre, et un nombre important de répondants (40%) n'étaient pas en faveur de « demander aux membres de payer des droits d'entrée ou de fournir des contributions en nature ».

A la question de savoir si l'IPGRI était un bon partenaire de travail, 80% étaient d'accord et 17% partiellement d'accord. Une large majorité des partenaires a exprimé une opinion positive en ce qui concerne leur relation de travail avec l'IPGRI (tableau 3).

Tableau 1. Pourcentage de répondants considérant que le réseau sert ses diverses fonctions de manière adéquate (par opposition à un besoin d'amélioration ou de développement). Les chiffres en caractères gras indiquent la proportion la plus grande de personnes ayant répondu.

Fonctions du réseau	PROMUSA (31 réponses)	Musa Genomics (9 réponses)	Réseaux régionaux sur Musa (34 réponses)
Fournir un forum pour des réunions	68%	67%	68%
Développer des priorités à un niveau régional/global	29%	44%	50%
Renforcer les capacités/formation	27%	11%	26%
Etablir des complémentarités entre organisations	10%	22%	42%

La majorité des réponses indiquait que l'IPGRI avait rempli ses obligations de manière adéquate pour la coordination de projets (par exemple, administration, communication, planification, suivi et évaluation, développement d'objectifs et d'une vision commune, établissement équitable de prise de décisions, etc.). Trois domaines ont été soulignés, pour lesquels une majorité des personnes ayant répondu considérait nécessaires une amélioration ou un développement dans la coordination des projets de l'INIBAP : « l'établissement de mécanismes efficaces pour gérer les données ou les résultats » (54%), « la planification » (51%), et « l'établissement d'un cadre efficace pour le suivi et l'évaluation d'un projet » (50%).

Tous les produits d'information de l'INIBAP, incluant les bases de données et les sites web, ont été considérés comme « très utiles » ou « assez utiles » par 75% ou plus des personnes ayant répondu. INFOMUSA a attiré la réponse la plus élevée avec 75% des personnes interrogées considérant qu'il était « très utile ».

Priorités futures

La grande majorité des répondants (84-96%) considérait que les activités existantes et proposées dans le domaine de la conservation avaient une priorité intermédiaire ou élevée : « fournir un réseau pour la conservation et la gestion du matériel génétique » et « renforcer les capacités des programmes agricoles nationaux et des partenaires pour conserver et distribuer le matériel génétique » étaient les réponses les plus fréquentes (tableau 4).

Il y avait plus de divergences concernant les recherches en génétique et les activités d'amélioration. Bien que la majorité des répondants considérait les recherches sur les manipulations génétiques et les suspensions cellulaires embryogènes comme une priorité moyenne ou élevée, un pourcentage notable considérait ces points comme n'étant pas une priorité (respectivement 26% et 21%). Les recherches en génomique et bioinformatique ont reçu un appui légèrement plus élevé (tableau 5).

Comme avec l'amélioration génétique, les répondants ont fortement soutenu l'utilisation de la biodiversité dans les systèmes de production (tableau 6). L'appui est plus ambivalent pour des domaines moins conventionnels de travail de développement (par exemple soutenir des organisations communautaires, développer des technologies de transformation et promouvoir le développement d'entreprises).

Conclusions

L'enquête a été un apport précieux pour aider l'INIBAP à confirmer ses points forts, à distinguer les points où des améliorations dans le fonctionnement des réseaux sont demandées,

Tableau 2. Pourcentage de répondants considérant que les différents mécanismes ont une priorité élevée (par opposition à moyenne, basse ou pas une priorité). Seuls les mécanismes considérés comme une priorité élevée par plus de 70% des personnes ayant répondu sont présentés. Les chiffres en caractères gras indiquent la proportion la plus grande de personnes ayant répondu.

Mécanismes pour rendre le réseau plus efficace	PROMUSA (32 réponses)	Musa Genomics (9 réponses)	Réseaux régionaux sur Musa (32 réponses)
Trouver des fonds provenant de sources externes	88%	89%	90%
Collecter des informations de base pour le développement de priorités et prendre des décisions	81%	22%	68%
Encourager l'échange d'information	72%	78%	58%
Développer des outils de gestion des données	61%	33%	71%
Impliquer les membres dans le fonctionnement et la coordination du réseau	52%	22%	72%

Tableau 3. Pourcentage de répondants tout à fait d'accord ou partiellement d'accord avec différentes affirmations concernant les partenariats avec l'IPGRI.

Caractéristiques du partenariat avec l'IPGRI	Tout à fait d'accord	Partiellement d'accord
L'IPGRI est un bon partenaire	80%	17%
L'IPGRI développe la confiance et a des intérêts partagés avec ses partenaires	66%	31%
L'IPGRI est un partenaire communicatif	59%	35%
L'IPGRI travaille en partenariat équilibré avec mon organisation	49%	36%

Tableau 4. Pourcentage de répondants considérant que les diverses activités de conservation, d'échange et d'évaluation de matériel génétique ont une priorité élevée (par opposition à moyenne, basse ou pas une priorité).

Conservation, échange et évaluation de matériel génétique	Proportion des 72 que répondants qui considèrent ces activités ont une priorité élevée
Réseau pour la conservation et la gestion du matériel génétique	74%
Renforcement des capacités des programmes nationaux d'agriculture et des partenaires pour conserver et distribuer le matériel génétique	74%
Collecter du matériel génétique sauvage ou cultivé	67%
Assurer la sécurité à long terme des collections <i>ex situ</i>	67%
Conserver du matériel génétique <i>in situ</i> ou à la ferme	64%
Recherches sur les maladies et la thérapie pour les collections <i>ex situ</i>	62%
Encourager l'échange de matériel génétique	61%
Agir sur l'érosion génétique	57%
Caractérisation moléculaire	54%
Recherches sur les méthodologies de conservation <i>ex situ</i>	52%

Tableau 5. Pourcentage de répondants considérant que les diverses activités de recherche en génétique et en amélioration génétique ont une priorité élevée (par opposition à moyenne, basse ou pas une priorité). Les chiffres en caractères gras indiquent la proportion la plus grande de personnes ayant répondu.

Activités de recherche en génétique et en amélioration	Proportion des 71 répondants qui considèrent que ces activités ont une priorité élevée
Recherches sur la résistance aux ravageurs et maladies	86%
Utilisation de la biodiversité en amélioration génétique	76%
Appui aux programmes d'amélioration	76%
Renforcer les capacités pour effectuer des recherches en génétique et amélioration dans les programmes nationaux	71%
Mettre en commun les ressources pour la recherche	68%
Renforcer le travail en réseau	61%
Produire des directives	55%
Recherches en génomique	53%
Bioinformatique	48%
Recherches sur les manipulations génétiques	35%
Recherches sur les suspensions cellulaires embryogènes	36%

Tableau 6. Pourcentage de répondants considérant que les diverses activités sur les systèmes de production et les technologies post-récolte ont une priorité élevée (par opposition à moyenne, basse ou pas une priorité). Les chiffres en caractères gras indiquent la proportion la plus grande de personnes interrogées.

Systèmes de production et activités post-récolte	Proportion des 70 répondants qui considèrent que ces activités ont une priorité élevée
Utilisation de la biodiversité dans les systèmes de production	66%
Recherches sur la gestion intégrée des ravageurs	68%
Améliorer l'accès à d'autres ressources (ex. infrastructures)	59%
Suivre l'incidence des ravageurs et maladies	64%
Promouvoir la participation des agriculteurs	61%
Rechercher des voies d'assimilation pour les nouvelles technologies	58%
Recherches sur les propriétés du sol et les systèmes racinaires	50%
Renforcer les organisations communautaires	40%
Essais sur les technologies de transformation	40%
Promouvoir le développement d'entreprises	27%

et à atteindre les perspectives des partenaires concernant l'endroit où se trouvent nos priorités. Nous souhaiterions remercier chaleureusement les personnes qui ont participé à cet exercice et les assurer que leur contribution a été enregistrée et prise en compte par le panel de la revue externe et le Conseil d'administration de l'IPGRI ainsi que par le personnel de l'INIBAP. Nous espérons que nous pourrions continuer à compter sur leur soutien.

Pour plus d'informations :

Charlotte Lusty,
INIBAP, Montpellier, France
c.lusty@cgiar.org

INFOMUSA : faits saillants de l'enquête réalisée auprès des lecteurs

Qui a répondu à l'enquête ?

Un total de 326 personnes, soit 12% de nos abonnés individuels, ont renvoyé le questionnaire. Parmi eux, 54% ont rempli la version anglaise, 35% la version espagnole et 11% la version française, une distribution qui reflète plus ou moins la proportion d'INFOMUSA imprimée dans chaque langue. Le contingent le plus important des personnes ayant répondu est basé en Amérique latine et dans les Caraïbes (41%), suivi par l'Afrique (27%), l'Asie (19%), l'Europe (7%), les îles du Pacifique (3%), l'Amérique du nord (1,5%) et le Moyen Orient (1,5%). Un peu plus de 60% des personnes ayant répondu sont des scientifiques. La plupart des gens qui ont retourné le questionnaire (76%) sont des abonnés. Les autres y ont eu accès par Internet (11%) ou par une bibliothèque (8%), l'ont emprunté à un collègue (2%) ou se le sont procuré par une autre voie non spécifiée (3%).

Comment évaluez-vous INFOMUSA ?

La plupart des personnes ayant répondu pensent qu'INFOMUSA est une source utile d'informations et elles apprécient son format et son contenu : 80% des répondants jugent son utilité pour se tenir informé des recherches sur *Musa* comme élevée et les 20% restants comme moyenne, alors que la qualité du texte et de la présentation sont jugées élevées respectivement par 72% et 76% des lecteurs et moyennes respectivement par 28% et 22% des lecteurs. La qualité du contenu scientifique a été jugée élevée par 65% des lecteurs et moyenne par 32%.

Quelle sorte d'INFOMUSA ?

Seules quelques personnes ayant répondu ne verraient pas d'inconvénient à voir INFOMUSA publié seulement en anglais et disponible uniquement sous forme électronique : sa disponibilité en version imprimée a été jugée comme très importante par 74% des lecteurs et importante par 25%, et sa disponibilité en trois langues a été considérée comme très importante par 65% des personnes interrogées et importante par 31%.

INFOMUSA doit-il être un journal à comité de lecture ?

Une majorité des personnes interrogées (69%) aimerait voir INFOMUSA devenir un journal à comité de lecture. Lorsque l'on analyse les réponses par région, les résultats montrent que la plus grande proportion des personnes en faveur d'un tel changement (47%) est basée en Afrique (82% des personnes interrogées de cette région ont répondu oui), suivie par l'Amérique latine (68% des personnes de cette région ont répondu oui). Les Asiatiques étaient divisés 50 : 50 sur cette question, alors que seulement 17% des personnes interrogées originaires d'Europe pensent qu'INFOMUSA devrait devenir un journal à comité de lecture et aucune d'Amérique du nord et des îles du Pacifique.

Quelles sections lisez-vous et avec quelle fréquence ?

Quatre-vingt-sept pourcent des personnes interrogées lisent systématiquement les articles scientifiques, 80% les Nouvelles des *Musa*, 65%

la section Le point sur..., 60% les résumés de thèses et 47% l'éditorial. L'immense majorité des personnes interrogées restantes ont indiqué qu'ils lisent parfois ces sections.

Etes-vous satisfaits de l'éventail de sujets couverts par les articles ?

Seule une minorité des personnes interrogées voudraient voir plus d'articles sur la transformation génétique et le criblage du matériel génétique (31%), la biologie moléculaire (34%) et la culture

de tissus (40%). La demande la plus importante était pour des articles sur la gestion intégrée des ravageurs (62%), les ravageurs et maladies (60%) et les utilisations et produits dérivés (54%). Beaucoup de personnes qui ont répondu à la question concernant le type d'informations qu'elles souhaiteraient voir ajouté étaient intéressées principalement par des informations plus pratiques et des articles sur des recherches appliquées.

Variabilité dans la fitness reproductrice et la pathogénicité de *Radopholus similis* chez *Musa* : effet des facteurs biotiques et abiotiques

Thomas Moens

Thèse (PhD) présentée en octobre 2004 à la Katholieke Universiteit Leuven, Belgique

Les nématodes sont l'une des contraintes les plus importantes pour la production chez *Musa* après les maladies des taches foliaires. Ces animaux tubulaires et vermiformes, particulièrement *Radopholus similis*, parasitent le système racinaire et peuvent réduire le rendement de 80%. Les nématodes induisent des dégâts racinaires directement, et indirectement en facilitant l'entrée de champignons et de bactéries. Cela résulte en une absorption de nutriments plus basse, augmente l'intervalle entre deux récoltes et augmente la chute des plantes, quand la plante n'est pas étayée. Ces recherches ont été conduites au Costa Rica à la *Corporación Bananera Nacional* (CORBANA).

La croissance de 11 populations de *R. similis* extraites des racines de plantes dans une plantation commerciale et de 7 isolats de *R. similis* extraits des racines d'une plante provenant d'un champ de 4,5 ha a été évaluée sur des disques de carotte et sur des plantes en pots de 'Grande naine'. Des différences de fitness reproductrice entre les populations et les isolats ont été observées sur les disques de carotte et les plantes en pots. Des variations étaient attendues entre les populations mais pas entre les isolats. Elles pourraient être dues à la présence, dans les populations ou les isolats, de sous-populations mieux adaptées à la croissance sur disques de carotte, au nombre de subcultures sur disques de carotte ou à des différences de fitness reproductrice femelle. Dans nos conditions expérimentales, aucune relation n'a été trouvée entre la fitness reproductrice et la pathogénicité, comme cela a été rapporté dans la littérature scientifique.

Pour cribler la résistance des variétés de *Musa* à *R. similis*, des paramètres tels que le nombre d'inoculum, le type de substrat, la population de nématodes, la durée d'exposition et le volume du pot sont importants. Cependant, la littérature publiée montre que ces paramètres ne sont pas standardisés. L'effet de chacun de ces facteurs sur la fitness reproductrice et la pathogénicité a donc été étudié pour optimiser les protocoles de criblage. Des plantes de Cavendish cultivées sur du sable de rivière supportaient les plus grands nombres de *R. similis* et avaient le poids de racines le plus faible, par comparaison à d'autres sols de culture des bananiers qui variaient par leur contenu en sable, limon ou argile. Ceci était probablement dû à une macroporosité plus élevée et à une meilleure aération. Lorsque l'on comparait des durées d'exposition entre 2 à 16 semaines, l'augmentation la plus forte de la population de *R. similis* était observée entre 6 et 12 semaines après l'inoculation. Le poids des racines des plantes de Cavendish cultivées en pots de 4 volumes différents et inocuées avec des densités identiques était significativement plus élevé dans des pots de 1,8 et 3,6 L, par rapport à des pots de 0,4 et 0,8 L. L'application de ces facteurs dans un essai dans le temps a confirmé la susceptibilité de 'Grande naine' et la résistance de 'Yangambi km 5' et de FHIA-23 à *R. similis*. En se basant sur ces résultats, les plantes de *Musa* cultivées sur du sol local, inocuées initialement avec 500 *R. similis* et exposées pendant 8 à 12 semaines dans des pots de 1,8 L ont donné des résultats de criblage uniformes.

Le protocole a ensuite été appliqué pour tester la résistance à *R. similis*. Vingt-six variétés de *Musa* appartenant à différents groupes génomiques (AA, AB, BB, AAB, ABB, AAAA, AAAB et AABB)

et 10 lignées F1 d'un croisement entre *Musa acuminata* ssp. *burmannicoides* 'Calcutta 4' (AA) et 'Pisang Berlin' (AA) ont été testées pour leur résistance à *R. similis* en conditions *in vitro* et sur des plantes en pots. *In vitro*, aucune différence dans les nombres finaux de nématodes n'a été trouvée entre les variétés testées incluant 'Grande naine', 'Pisang jari buaya' et 'Yangambi km 5', 30 jours après l'inoculation. Par contraste, 'Yangambi km 5', FHIA-23, 'Kunnan', 'Paka' et 'Pisang lemak manis' en pots montraient des nombres inférieurs de nématodes par rapport à 'Grand naine', 8 semaines après l'inoculation. La durée d'exposition plus longue a probablement permis l'expression de mécanismes de résistance dans ces variétés cultivées en pots. 'Tjau lagada' s'est également montrée, pour la première fois, résistante à *R. similis*. Ces résultats doivent être confirmés dans des conditions de sol et de climat différentes au champ.

Helicotylenchus multicinctus, *Meloidogyne incognita* et *Pratylenchus coffeae* ont été étudiés en pots et en conditions de microparcelles. En pots, *H. multicinctus* supprimait toute augmentation du poids des racines alors que *M. incognita* le stimulait et que *P. coffeae* ne l'influencait pas sur les intervalles de temps testés. Dans un essai en pots, le nombre moyen de *R. similis* dans des plantes qui avaient été inoculées avec *M. incognita* était toujours plus faible que dans des plantes non inoculées. Cela illustre l'impact suppressif de ce nématode sur *R. similis*, probablement dû à une réduction des sites d'alimentation. Les nombres d'*H. multicinctus* et de *M. incognita* n'étaient pas affectés par des nombres d'inoculum de *R. similis* plus élevés, alors que c'était le cas pour *P. coffeae*. L'effet suppressif de *R. similis* sur *P. coffeae* peut être dû à une compétition pour le même site d'alimentation, c'est-à-dire le cortex racinaire.

Dans les essais de criblage, 'Yangambi km 5', 'Niyama yik' et 'Pisang Berlin' montraient les plus petits nombres d'*H. multicinctus* par 100 g de racines, de même que 'Pisang bungai' et 'Tjau lagada'. Toutes les variétés testées se sont montrées susceptibles à *M. incognita*, alors que FHIA-01 et FHIA-18 montraient la même résistance vis-à-vis de *P. coffeae*, par comparaison avec 'Yangambi km 5', une variété ayant une résistance connue à ce nématode. 'Tjau lagada', 'Pisang mas' et 'Pisang bungai' étaient aussi moins susceptibles à *P. coffeae* que 'Grande naine'. Ces caractéristiques de 'Tjau lagada', en même temps que sa résistance à *R. similis* et sa résistance partielle à la maladie des raies noires, rendent cette variété très intéressante pour des recherches plus poussées.

Dans un essai en microparcelles utilisant des tonneaux de 200 L remplis de sol stérilisé, des plantes inoculées de 'Grande naine' ont été suivies jusqu'à la récolte et comparées avec des

plantes non inoculées. Seul *R. similis* réduisait le poids des racines de 66%, alors que les dégâts causés aux racines étaient plus importants et que le poids des régimes était plus bas chez des plantes inoculées avec *R. similis* et *P. coffeae*, par rapport au témoin. *M. incognita* réduisait aussi le poids des régimes. L'effet nuisible de *M. incognita* est probablement plus associé avec des altérations physiologiques, un changement dans la structure et le métabolisme cellulaires qu'avec une détérioration physique des racines. A cause de leur effet négatif sur les racines et le rendement, non seulement *R. similis* mais également *P. coffeae*, *M. incognita* et *H. multicinctus* doivent être pris en compte dans des programmes d'amélioration futurs pour la résistance aux nématodes.

Pour finir, la biodégradation de 6 nématicides a été étudiée seule ou en rotation, en conditions de champ et dans un test en laboratoire avec *R. similis*-maïs. Au champ, seul le terbufos (Counter®) réduisait de manière régulière le nombre de nématodes par 100 g de racines après 5 applications consécutives. Le Carbofuran (Furadan®), l'ethoprophos (Mocap®), le fenamiphos (Nemacur®) et les plantes non traitées montraient les plus grands nombres de nématodes par 100 g de racines. Le pourcentage moyen de racines fonctionnelles était pour tous les traitements 7% plus élevé que chez les témoins. Ceci est reflété par un poids des régimes 38% plus élevé chez les plantes traitées. De tous les nématicides, seul le carbofuran donnait un poids de régimes significativement plus bas, qui était toujours plus élevé que celui des plantes non traitées. Cependant, le carbofuran, l'ethoprophos, le fenamiphos et l'oxamyl montraient une biodégradation augmentée dans le biotest après 5 applications. Ces résultats contrastés sont probablement dus à la variation dans le début de l'augmentation de la biodégradation pour les nématicides testés et à la lente détérioration de la santé des racines. La rotation de nématicides a donné le poids de régimes le plus élevé et une grande proportion de racines fonctionnelles, parce que la faible probabilité de développement augmentait la biodégradation. Des recherches plus poussées sont nécessaires pour étudier le développement de l'augmentation de la biodégradation après des applications de nématicides accrues dans des conditions de sol différentes. Quoiqu'il en soit, du fait de la future interdiction de l'utilisation des nématicides chez le bananier, le développement de techniques alternatives de gestion des nématodes est urgent.

Sélection pour la résistance à *Radopholus similis* chez les bananiers (*Musa* spp.) d'altitude d'Afrique de l'est

Carine Dochez

Thèse (PhD) présentée en novembre 2004 à la Katholieke Universiteit Leuven, Belgique

Les bananiers d'altitude d'Afrique de l'est (*Musa* spp. AAA) représentent l'aliment de base le plus important dans la région des grands lacs d'Afrique de l'est. Les Africains de l'est cuisent le fruit pour produire du 'matooke' ou bien en produisent de la bière. En Ouganda, les bananiers d'altitude d'Afrique de l'est sont divisés en cinq groupes de clones : quatre groupes couvrent les types de bananes à cuire (Nfuuka, Nakitembe, Nakabululu et Musakala) et un groupe couvre les types de bananes à bière (Mbidde).

L'Ouganda est le premier producteur et consommateur de la région. Jusque dans les années 70, les bananiers d'altitude d'Afrique de l'est étaient traditionnellement cultivés dans le centre de l'Ouganda. Cependant, depuis cette époque, la production bananière a décliné de plus de 25%. Ce déclin a conduit au remplacement des bananiers à cuire par des cultivars exotiques et des cultures alimentaires annuelles. En même temps, la culture du bananier s'est déplacée vers le sud-ouest du pays. Les nématodes sont considérés comme l'une des contraintes majeures ayant entraîné ce déclin. Le nématode foreur *Radopholus similis* a été identifié comme l'espèce la plus destructrice en Ouganda.

Les nématodes peuvent être contrôlés de manière sûre par les nématicides. Cependant, l'utilisation de nématicides a des effets environnementaux néfastes et elle est trop coûteuse pour des agriculteurs aux moyens limités. Une alternative prometteuse est l'utilisation de cultivars résistants aux nématodes. L'amélioration des bananiers d'altitude d'Afrique de l'est par la sélection a été identifiée par la *National Agricultural Research Organisation* (NARO) d'Ouganda comme la stratégie la plus appropriée pour faire face aux problèmes causés par les ravageurs et maladies. Le programme d'amélioration des *Musa* de l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), en collaboration avec la NARO, vise à développer des génotypes de *Musa* améliorés, de préférence triploïdes, présentant une résistance à de multiples maladies et ravageurs, un rendement stable et élevé, des caractéristiques agronomiques améliorées ainsi qu'une qualité du fruit acceptable. Cela

implique habituellement le croisement de cultivars triploïdes avec des diploïdes fertiles pour produire des tétraploïdes qui présentent généralement une fertilité mâle et femelle plus élevée. Les tétraploïdes sélectionnés sont ensuite croisés avec des diploïdes améliorés pour produire des triploïdes secondaires stériles.

L'objectif de cette étude était d'identifier des sources de résistance à *R. similis* dans le matériel génétique de *Musa* existant et les hybrides nouvellement créés. Cette étude s'est également intéressée à la variabilité de la 'fitness' reproductive et la virulence de différentes populations de *R. similis* d'Ouganda, et a visé également à mieux comprendre la résistance de l'hôte à *R. similis* au travers d'une analyse génétique d'une population ségrégeante de bananiers et des études préliminaires sur les mécanismes de résistance.

Dans la première partie du travail, une nouvelle méthode de criblage du matériel génétique de *Musa* pour la résistance à *R. similis* a été développée. Cette méthode est basée sur l'inoculation de racines individuelles avec un petit nombre de femelles de *R. similis*. La méthode de criblage de racines individuelles présente plusieurs avantages par rapport à la méthode standard de criblage en serre. Elle nécessite un nombre de plantes moins important et un inoculum de nématodes plus réduit. En utilisant des racines individuelles, l'évaluation de la réponse de l'hôte à l'infection par les nématodes n'est pas influencée par des différences de taux de croissance des racines entre génotypes de *Musa*. De plus, des racines primaires du même âge peuvent être sélectionnées pour l'inoculation, ce qui évite les biais causés par des différences dans la réponse de l'hôte à *R. similis* liées à l'âge des racines. Enfin, cette méthode semble être à même de détecter une résistance constitutive et induite.

Dans la seconde partie de ce travail, cette nouvelle méthode de criblage a été utilisée pour évaluer le matériel génétique de *Musa* disponible et les hybrides nouvellement développés pour leur résistance à *R. similis*. Les bananiers d'altitude d'Afrique de l'est sont sensibles à *R. similis*. Des hybrides tétraploïdes qui sont résistants à *R. similis* ont été développés en croisant des bananiers d'altitude d'Afrique de l'est sensibles avec le

diploïde résistant Calcutta 4. Ce diploïde a été largement utilisé dans les programmes d'amélioration comme parent mâle. De la résistance a également été identifiée dans plusieurs hybrides diploïdes, qui ont été utilisés pour encore améliorer les hybrides tétraploïdes. TMB2x 9128-3 est le diploïde le plus résistant identifié jusqu'à présent et il est souvent utilisé comme parent dans les programmes d'amélioration. Les hybrides tétraploïdes ont été croisés avec des diploïdes améliorés, donnant ainsi des triploïdes secondaires. A ce jour, cinq triploïdes secondaires résistants à *R. similis* et sept partiellement résistants ont été identifiés. Trois des triploïdes secondaires présentant une résistance partielle à *R. similis* ont de bonnes caractéristiques de régime et un goût ressemblant à celui du matooke, alors qu'un triploïde résistant est recommandé pour la production de jus. De plus, de nouvelles sources de résistance à *R. similis* ont été identifiées, principalement dans du matériel génétique provenant de Papouasie Nouvelle Guinée.

Dans la troisième partie de ce travail, différentes populations de *R. similis* provenant d'Ouganda ont été comparées pour leur 'fitness' reproductive et leur virulence. Quatre populations de *R. similis* provenant de différents endroits d'Ouganda (Namulonge, Mbarara, Ikulwe et Mukono) ont été collectées et cultivées de manière monoxénique sur des disques de carotte. La 'fitness' reproductive de ces quatre populations de *R. similis* a été comparée sur des disques de carotte en fonction du temps et du niveau d'inoculum. Ces essais *in vitro* ont montré que la population de *R. similis* de Mbarara avait le quotient de reproduction le plus haut. Pour ce faire, on a comparé les densités finales de nématodes et calculé les courbes de croissance en utilisant l'équation de Gompertz. La population de Mukono avait le quotient de reproduction le plus bas.

Des essais de pathogénicité sur des plantes hôtes ont été réalisés en pots. Les densités finales de populations de nématodes tout comme les pourcentages de nécrose racinaire sur les différentes plantes hôtes étaient plus élevés pour la population de *R. similis* de Mbarara que pour les populations de Namulonge, Ikulwe et Mukono. La population de *R. similis* de Mbarara a réussi à contourner la résistance de 'Pisang jari buaya', connu pour être résistant à *R. similis*. L'hybride diploïde TMB2x 9128-3 et 'Yangambi km 5' ont montré de la résistance contre les quatre populations de *R. similis*. Ces résultats indiquent que des différences dans la pathogénicité de différentes populations de *R. similis* existent et qu'elles devraient être prises en considération

dans un programme de sélection. Il est recommandé d'utiliser la population de *R. similis* de Mbarara dans le criblage en routine pour l'identification de résistance dans du matériel génétique de *Musa*. Le fait que la population de *R. similis* de Mbarara soit plus pathogène que les autres populations pourrait avoir de sérieuses implications pour les agriculteurs, puisque Mbarara est la principale région de culture du bananier en Ouganda. Des observations récentes dans les champs d'agriculteurs montrent que l'infestation par *R. similis* est localisée pour le moment mais ces fermes sont fortement infestées et l'incidence sur la chute des plants est élevée.

Dans la quatrième partie de ce travail, nous avons étudié l'analyse génétique de la ségrégation pour la résistance à *R. similis* au sein d'une population de bananiers hybrides diploïdes. La population de bananiers hybrides diploïdes a été produite en croisant les hybrides diploïdes TMB2x 6142-1 et TMB2x 8075-7. Le parent femelle TMB2x 6142-1 est sensible à *R. similis* et provient du croisement entre le bananier d'altitude d'Afrique de l'est 'Nyamwihogora' (AAA) et le bananier sauvage 'Long tavoy' (AA), qui sont tous les deux sensibles à *R. similis*. Le parent mâle TMB2x 8075-7 est résistant à *R. similis* et dérive d'un croisement entre l'hybride SH-3362 (AA) et le bananier sauvage Calcutta 4 (AA), tous les deux résistants à *R. similis*. La population de bananiers hybrides diploïdes a été évaluée avec la méthode d'inoculation individuelle des racines en utilisant la population de *R. similis* de Namulonge. Sur les 81 hybrides évalués, 37 étaient résistants, 13 étaient partiellement résistants et 31 étaient sensibles à *R. similis*. Une analyse par 2 a indiqué que la résistance à *R. similis* est contrôlée par deux gènes dominants, A et B, ayant tous les deux des effets additifs et interactifs, alors que le *bb* récessif supprime le A dominant (soit A- ou B- sont requis pour une résistance partielle, A- et B- ensemble confèrent une résistance complète, mais *bb* supprime A-).

Dans la dernière partie du travail, les mécanismes potentiels de résistance à *R. similis* ont été étudiés. La connaissance des mécanismes de résistance aux nématodes devraient aider les sélectionneurs à sélectionner pour une caractéristique désirée pour le programme d'amélioration, et elle pourrait également aider à l'identification de marqueurs de résistance pour faciliter le criblage de matériel génétique de *Musa*. Dans une première série d'essais, la capacité d'attraction et de pénétration de *R. similis* a été comparée entre des cultivars résistants et sensibles. Aucune différence significative pour l'attraction et la pénétration de *R. similis* n'a été

observée entre cultivars résistants et sensibles de *Musa*. Des taux d'invasion similaires de *R. similis* sur des cultivars sensibles et résistants de *Musa* suggèrent que la résistance n'est pas due à des barrières physiques ou mécaniques. Par la suite, des essais histochimiques ont été réalisés pour détecter si il y a des différences dans la lignine et les composés phénoliques entre les cultivars de *Musa* résistants et sensibles. Après une infection par *R. similis*, un nombre plus élevé de cellules phénoliques a été observé chez les cultivars résistants par rapport aux cultivars sensibles. Des cellules phénoliques ont également été observées chez des plantes saines, bien que leur

nombre soit inférieur par rapport aux cultivars sensibles. On suppose que les composés phénoliques préformés dans les racines saines ne contribuent pas à la résistance des bananiers à *R. similis*. La lignification de l'endoderme a été observée tôt dans le temps chez les cultivars sensibles. La lignification chez les cultivars résistants n'a été observée qu'au bout de 12 semaines. Aucune cellule lignifiée n'a été observée dans le cortex d'aucun cultivar. Des études plus détaillées sont nécessaires pour comprendre le rôle des composés phénoliques et de la formation de lignine en relation avec la réponse de la plante hôte à l'infection par les nématodes.

Analyse de l'ADN de 28 clones par RAPD

C. Rajamanickam

Thèse

Thèse de doctorat (PhD) soutenue en 2004 à la Kerala Agricultural University, Kerala, Inde

La diversité génétique de 28 clones de bananier appartenant à des groupes génomiques différents (AAA, AAB, ABB, AA, AB et BB) et à des groupes de ploïdies différentes (triploïdes et diploïdes) a été évaluée en se basant sur les caractères morphologiques et sur leur profil ADN obtenu par la technique RAPD. Les bananiers ont été collectés sur la station de recherche sur le bananier de Kannara, à la *Banana Nursery Farm* de Thiruvananthapuram, et au collège d'agriculture de Vellayani.

Sur les 41 amorces décimères utilisées pour l'analyse RAPD, 34 ont produit de l'amplification. Sur les 123 bandes générées, 116 étaient polymorphes et 7 monomorphes. Enfin, 6 amorces (OPA-01, OPA-03, OPA-13, OPB-04, OPB-10 et OPB-12) ont été utilisées pour analyser les 28 clones. Ces amorces ont produit 46 bandes identifiables, avec une moyenne de 7.66 bandes par amorce. Dans le dendrogramme, les 28 clones se sont regroupés en 14 groupes à une distance de 0.20.

Huit des 12 clones de Nendran (AAB), 'Chengazhikodan', 'Myndoli', 'Kaliethan', 'Vellayani nendran', 'Zanzibar', 'Mysore ethan', 'Manjeri nendran' et 'Changanasseri nendran' ont formé un groupe unique à une distance de 0,25 et les clones de Palayankodan (AAB) comme 'PKNNR', 'Pisang Ceylon', 'Motta poovan', 'Chandra bale' et 'Palode palayankodan' ont

formé un autre groupe. 'Red banana' et 'Vellakappa' (AAA), de même que 'Pisang Ceylon' et 'PKNNR' (AAB), ont formé des groupes à une distance de 0.12. 'Kunnan' et 'Njalipoovan' (AB) ont formé un groupe à une distance de 0.22. 'Kadali' et 'Pisang lilin' (AA), ainsi que 'Quintal' et 'Padalamurian' (AAB), ont formé des groupes à une distance de 0.24. Les triploïdes 'Attu nendran' (AAB), 'Monthan', 'Robusta' (AAA), 'Koonoor ethan' (AAB) et 'Vellapalayankodan' (AAB) et le diploïde 'Ilavazha' (BB) ont formé des groupes individuels et avaient les plus grandes divergences.

La méthode de Tocher a été utilisée pour analyser les caractères morphologiques. Les cultivars ont formé six groupes. 'PKNNR', 'Pisang Ceylon', 'Motta poovan', 'Chandra bale' et 'Palode palayankodan' (Palayankodan, AAB), 'Kadali' et 'Pisang lilin' (AA), 'Kunnan' et 'Njalipoovan' (AB) ont formé le premier groupe. 'Red banana', 'Vellakappa' et 'Robusta' (AAA), 'Myndoli', 'Mysore ethan', 'Changanasseri nendran', 'Kaliethan', 'Chengazhikodan', 'Manjeri nendran', 'Padalamurian' et 'Attu nendran' (AAB), 'Monthan' et 'Peyan' (ABB), ainsi qu'Ilavazha (BB), ont formé le second groupe. 'Vellayani nendran' et 'Zanzibar' (AAB) ont formé le troisième. 'Quintal' (AAB) a formé le quatrième, 'Vellapalayankodan' (AAB) le cinquième et 'Koonoor ethan' (AAB) le sixième.

Redécouverte de *Musa splendida* A. Chevalier et description de deux nouvelles espèces (*Musa viridis* et *Musa lutea*)

Un article de Ramon Valmayor, Le Dinh Danh et Markku Häkkinen, publié dans le numéro de mars 2004 du *Philippine Agricultural Scientist* (Vol. 87(1):110-118) présente les caractéristiques de l'espèce *Musa splendida*, récemment redécouverte, et de deux espèces récemment décrites de *Musa* originaires du Vietnam.

Musa splendida, connue au Vietnam sous le nom de 'Chuoï gai', est une espèce très rare de bananier sauvage qui dérivait vers l'oubli. Cheesman, qui a révisé la classification des bananiers, n'a pas inclus sa description dans sa série monumentale « *Critical Notes on Species* ». Simmonds a mis en doute son statut d'espèce valide et Champion l'a associée avec *Musa sanguinea* et *Musa laterita*. Les principaux taxonomistes dans le monde entier semblaient être préparés à reléguer *M. splendida* au statut de *species ignota*.

Un rapport exhaustif des ressources génétiques des *Musa* du Vietnam liste les cultivars de bananier, les espèces ornementales et les espèces sauvages apparentées mais ne mentionne jamais *M. splendida*. Une flore illustrée du Vietnam montre des illustrations des Musaceae indigènes, mais *M. splendida* n'y figure pas.

Cependant, au Vietnam, certaines personnes âgées soutenaient que 'Chuoï gai' existait entre Lao Cai et Sa Pa. Inge Van den Bergh, actuellement expert associé au bureau régional de l'INIBAP aux Philippines, a

exploré la région d'origine de *M. splendida* et découvert des populations importantes dans la vallée de la Rivière rouge, près de Lao Cai. L'hypothèse que *M. splendida* était un simple synonyme, soit de *M. sanguinea*, soit de *M. laterita*, a été écartée avec la démonstration de leurs caractères distincts.

Des études récentes de caractérisation d'accessions de *Musa*, réalisées au *Phu Ho Fruit Research Center* au Vietnam, décrivent deux nouvelles espèces, *Musa viridis* et *Musa lutea*. La première est connue localement sous le nom de 'Chuoï rung hoa sen' et la seconde sous celui de 'Chuoï rung hoa do'. Le mot Chuoï, qui signifie bananier, fait partie du nom véritable, qui est souvent descriptif. 'Chuoï rung' signifie bananier de la jungle. 'Chuoï rung hoa sen' signifie bananier de la jungle avec des fleurs couleur de lotus et 'Chuoï rung hoa do' signifie bananier de la jungle avec des fleurs rouges.

L'article présente également une caractérisation diagnostique de *M. viridis* et de *M. lutea*, pour les différencier de *Musa balbisiana*, *Musa acuminata* et *Musa itinerans* ainsi que d'espèces locales telles que *M. sanguinea*, *M. splendida* et *M. laterita*. Enfin, *M. viridis* et *M. lutea* sont différenciées l'une de l'autre par la couleur de leurs fruits et de leurs bourgeons mâles. Les termes latins *viridis* et *lutea* ont été choisis pour souligner la différence de couleur des fruits immatures, qui sont gris argenté chez *M. viridis* et jaunes chez *M. lutea*.

Symptômes du virus du bunchy top du bananier (BBTV) en Angola

Le bunchy top du bananier est l'une des maladies les plus sérieuses qui affectent le bananier dans le monde entier (Dale 1987). Les symptômes incluent des taches vert foncé le long des veines foliaires, particulièrement la nervure centrale et le pétiole, des feuilles dressées avec des bordures ondulées, un rabougrissement et des feuilles plus érigées donnant à la plante l'apparence d'une rosette (Robinson 1996, Jones 2000).

Récemment, les symptômes du BBTV ont été observés dans les champs de petits planteurs à Mabuia (48 m d'altitude ; S09°01', E013°41') et Boa Esperanca (52 m d'altitude ; S08°57', E013°40') dans la province de Bengo, au sud de Luanda en Angola. La maladie a été observée sur des bananiers plantain (Faux corne) et sur le cultivar de Cavendish 'Poyo'. Il est connu que les cultivars du sous-groupe Cavendish sont extrêmement sensibles au bunchy top (Thomas et Iskra-Caruana 2000).

Ceci représente le premier rapport de la présence du bunchy top en Angola. En Afrique, la présence de la maladie a été rapportée au Burundi, en République Centrafricaine, en République Démocratique du Congo (RDC), en Egypte, au Gabon, au Malawi et au Rwanda (Thomas et Iskra-Caruana 2000). L'Angola et la RDC ont des frontières communes et il est probable que des échanges de matériel de plantation aient pu avoir lieu. Le BBTV est transmis par le matériel conventionnel de plantation incluant les cormes, les morceaux de corme et les rejets. Le vecteur du BBTV est l'aphide du bananier.

L'éradication du matériel infecté est la première manière de contrôler la maladie. Cette méthode a été recommandée en Angola.

Références

Dale J.L. 1987. Banana bunchy top: an economically important tropical virus disease. *Advances in virus research* 33:301-325.

Jones D. 2000. Diseases of banana, abacá, and enset. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

Robinson J.C. 1996. Bananas and plantains. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

Thomas J.E. & M. L. Iskra-Caruana. 2000. Diseases caused by viruses. Pp. 241-253 in *Diseases of banana, abaca and enset* (D. R. Jones, ed). CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

Pour plus d'informations :

M. Pillay, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Uganda. P.O. Box 7878, Kampala, Uganda;

G. Blomme, International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP), P.O. Box 24384, Kampala, Uganda;

E. Rodrigues, Co-operative League of the USA (CLUSA), Rua Custodio Bento Azevedo, Bairro, Valodia, Sambizanga, Luanda, Angola.

L. Ferreira, Instituto de Investigacao Agromomica (IIA), Avenida Deolinda Rodrigues, km 5, Caixa Postal n° 2104, Angola.

Contenir le flétrissement bactérien du bananier

Un atelier sur "Le développement d'une réponse régionale cohérente face à l'épidémie de flétrissement bactérien du bananier en Afrique de l'est et centrale" s'est tenu à Kampala, Ouganda, du 14 au 18 février 2005. Organisé avec le soutien de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le Centre de recherches pour le développement international du Canada (IDRC) et le Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain (INIBAP), il a rassemblé les parties prenantes régionales et nationales d'Ouganda, d'Ethiopie, de la République Démocratique du Congo, du Kenya, de Tanzanie et du Rwanda, de même que des spécialistes internationaux.

Les participants ont réfléchi aux besoins prioritaires pour la recherche, aux activités de promotion et de politique pour faire face à cette menace régionale, ont identifié et se sont mis d'accord sur les points-clé suivants pour une action à court et moyen terme.

- En avance sur l'épidémie : suivre sa dissémination et se préparer à son arrivée.
- Sur le front en mouvement de la maladie : ralentir son avancée et diminuer son impact.
- Dans les zones où la maladie s'est installée : reconstruire les systèmes de production et améliorer les moyens d'existence.
- Dans toute la région : coordonner et suivre les efforts, échanger des informations et faciliter

le dialogue politique. Le noyau technique de la campagne de gestion de la maladie, qui doit être développé et appliqué en utilisant des approches participatives avec les agriculteurs, comprendra :

- La suppression du bourgeon mâle et la sanitation des champs, renforcées par :
 - des mesures statutaires au niveau national et local pour ralentir la dissémination de la maladie (réglementations de quarantaine) et des mesures de confinement et de contrôle (règlements) ;
 - des efforts de sensibilisation au niveau international, régional, national et local, dirigés vers les décideurs et le grand public afin de mobiliser les ressources nécessaires et d'assurer le soutien de la campagne ;
 - des systèmes améliorés pour fournir du matériel de plantation sain et de qualité supérieure ;
 - des pratiques agronomiques améliorées pour augmenter la productivité et la durabilité, combinées avec la dissémination d'options d'utilisation pour améliorer les moyens d'existence.
- L'évaluation et l'introduction de nouvelles variétés acceptables par les agriculteurs et les consommateurs, mais tolérant mieux l'infection.

Les autres actions nécessaires incluent :

- des recherches pour s'assurer de la validité des mesures de contrôle actuelles et pour générer de nouvelles options pour le futur ;
- des mécanismes de planification, d'échange d'informations et de coordination au niveau national et régional pour assurer l'utilisation la plus efficiente possible des ressources ;
- l'évaluation de l'impact des activités pour renforcer les stratégies pour gérer des maladies et des ravageurs qui passent au delà des frontières.

Du fait de l'échelle du problème et de la gravité de la menace envers les moyens d'existence, les participants ont invité les gouvernements

nationaux et les donateurs à investir dans le cadre proposé "comme offrant la meilleure stratégie pour contenir la dissémination de la maladie, atténuer ses effets immédiats sur les moyens d'existence et, finalement pour restaurer la productivité et la durabilité des systèmes de production basés sur la banane".

Pour plus d'informations :

Contactez **Eldad Karamura**, **Moses Osiru** ou **Guy Blomme**, Bureau régional pour l'Afrique orientale et australe, P.O. Box 24384, Kampala, Ouganda. Courriel : e.karamura@cgiar.org ; m.osiru@inibap.co.ug ; g.blomme@cgiar.org

Contrôle du flétrissement bactérien par suppression du bourgeon mâle

Le flétrissement du bananier qui est causé par la bactérie *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* a été observé pour la première fois en Ouganda en 2001 et s'est depuis répandu dans 27 des 56 districts de ce pays. Les technologies pour combattre des maladies similaires en Amérique latine et en Asie ont été introduites chez les agriculteurs ougandais et des campagnes ont été menées pour attirer l'attention sur la maladie et les façons de la contrôler. Puisque l'on pense que la bactérie est transmise par les insectes et les outils agricoles contaminés, la suppression des plantes malades, la suppression précoce du bourgeon et l'utilisation d'outils propres pourraient réduire les nouvelles infections de manière significative. Les petits agriculteurs ougandais ont commencé à appliquer ces techniques et ont été capables de prévenir de nouvelles infections ou ont même éradiqué la maladie de leurs fermes.

Fredrick Kisegerwa a un champ de 'Pisang awak' (ABB) dans le centre de l'Ouganda. Il a commencé à supprimer le bourgeon mâle de ses bananiers en janvier 2004, après avoir observé une étrange maladie sur certains d'entre eux. Il a reçu des informations sur la maladie et sur les mesures pour la contrôler du vulgarisateur agricole du sous-comté et en avait entendu parler à la radio. A ce moment là, il y avait environ 20 plantes malades sur sa ferme. Il a arraché ces plantes, les a coupées en morceaux et les a enterrées afin de les supprimer. Dans l'année suivante celle au cours de laquelle il avait commencé à supprimer les bourgeons mâles, ce qu'il fait deux fois par semaine, seules quatre des ses plantes ont contracté la maladie, trois d'entre

elles dans les deux premiers mois après qu'il ait commencé à supprimer les bourgeons. Au début, il utilisait un couteau attaché à un bâton, mais on lui a conseillé d'utiliser un bâton fourchu (Figure 1) pour éviter de disséminer la maladie par des couteaux contaminés. Il dit également qu'il voit moins d'insectes, probablement parce que les bourgeons mâles ont été supprimés.

Certains agriculteurs ougandais qui participent à un projet d'évaluation et de multiplication de matériel génétique, financé par le Fonds commun des produits de base et géré par le Programme agricole national d'Ouganda et l'INIBAP, ont commencé à supprimer les bourgeons de leurs plantes lorsque la maladie s'est rapprochée de leurs champs. Leur expérience montre que la prévention - suppression des bourgeons combinée à un contrôle des sources d'infection - peut protéger les plantes, même quand les champs environnants sont sévèrement infectés. Ceci est particulièrement important dans des plantations dont la taille rend l'éradication d'un nombre élevé de plantes malades coûteuse et nécessitant une main d'œuvre importante.

Pour plus d'informations :

G. Blomme et **H. Mukasa**, INIBAP-Bureau d'Afrique orientale et australe, P.O. Box 24384, Kampala, Ouganda - g.blomme@cgiar.org hanmukasa@agric.mak.ac.ug

S. Mpiira et **R. Ssemakadde**, National Agricultural Research Organisation, National Banana Research Programme, P.O. Box 7065, Kampala, Ouganda - smpiira@kari.go.ug



Figure 1. Suppression du bourgeon au moyen d'un bâton de bois

Un recensement de la mosaïque des bractées du bananier au Kerala

Une étude sur l'incidence de la mosaïque des bractées du bananier, connue localement sous le nom de maladie de Kokkan, a été effectuée dans 50 fermes sélectionnées au hasard à Kalliyoor Panchayat, dans le sud du Kerala, en Inde. Dix plantes de chaque site ont été échantillonnées. Les cultivars échantillonnés étaient 'Nendran' (AAB), 'Red banana' (AAA), 'Robusta' (AAA), 'Palayamkodan' (AAB) et 'Rasakadali' (AB).

Samraj *et al.* (1966) ont été les premiers à rapporter la mosaïque des bractées du bananier sur 'Nendran' au Kerala. Les premiers symptômes — des rayures rougeâtres ou rosâtres longitudinales, irrégulières et de tailles variées — apparaissent sur la gaine foliaire (Estelitta *et al.* 1996). Plus tardivement, le pseudotrunc devient anormalement rouge et de texture spongieuse (Estelitta *et al.* 1996). Les symptômes ont été notés en utilisant l'échelle suivante :

0 = aucun symptôme

1 = rayures brun rougeâtre sur 1-25% du pseudotrunc

2 = rayures brun rougeâtre sur 26-50% du pseudotrunc

3 = rayures brun rougeâtre sur 51-75 % du pseudotrunc

4 = rayures brun rougeâtre sur plus de 75 % du pseudotrunc.

Les plantes ont été observées à intervalles d'une semaine et les symptômes sont apparus trois à quatre mois après la plantation. Plus de 130 plantes ont été notées 1, plus de 160 notées 2, près de 100 notées 3 et moins de 70 notées 4. L'incidence de la maladie apparaissait plus importante sur 'Red banana'.

Références

- Estelitta S., A. Suma, G. Zachariah & K. P. Pradeep. 1996. Light and fluorescent microscopic studies on Kokkan disease of banana (*Musa* AAB Nendran). *J. Trop. Agric.* 34:155-156.
- Samraj J., M.R. Menon, S.P. Christudas & P.K. Satyarajan. 1966. Kokkan a new disease of banana (*Musa paradisiaca* Linn). *Agric. Res. J. Kerala* 4(1): 116.

Pour plus d'informations :

contacter **Smitha Rose Gasper** ou **M. Suharban** du Plant pathology department au College of Agriculture, *Vellayani, Thiruvananthapuram, 695 522, Inde*

Les dessous du nom 'Yangambi km 5'

'Yangambi km 5' (AAA) a de nombreux petits fruits qui ont une saveur très agréable lorsqu'ils sont mûrs. C'est une plante très vigoureuse qui reste productive sur des sols pauvres et qui est devenue célèbre pour sa résistance à la maladie des raies noires causée par *Mycosphaerella fijiensis*.

Son nom un peu particulier a récemment conduit les gens à s'interroger sur sa signification et son origine. Il se trouve que, dans les années 50, j'étais responsable du programme bananier à Yangambi et que je suis en mesure d'apporter des éclaircissements sur ce point.

Le nom vient de la localisation des vergers de l'*Institut National pour les Etudes Agronomiques au Congo Belge* (INEAC), aujourd'hui appelé INERA. Les divisions de recherche, avec leurs laboratoires et leurs champs expérimentaux, étaient construites le long de deux axes routiers principaux. L'axe original suivait la rive nord du fleuve Congo,

alors que le second axe était perpendiculaire et s'étendait vers le nord pendant environ 25 km. Les principales divisions travaillant sur les plantes cultivées (palmier à huile, caoutchouc, caféier, etc.) étaient regroupées à la hauteur du 5^{ème} kilomètre de cet axe ; le champ de bananiers, avec ses 'Gros Michel', Silk, Prata, Cavendish et ce cultivar mystérieux était par conséquent situé au 'km 5'.

Alors pourquoi 'Yangambi km 5' et pas un nom de cultivar plus commode ? Simplement parce que nous ne fûmes pas capables d'identifier la plante. Elle ne correspondait à aucune des descriptions et illustrations disponibles à l'époque. Pendant un moment, nous avons pensé qu'il s'agissait d'un diploïde, mais le comptage des chromosomes réalisé à la division de génétique végétale montra que 'Yangambi km 5' était un triploïde.

Après une visite à Yangambi en 1957, si mes souvenirs sont exacts, le regretté Jean Champion introduisit 'Yangambi km 5' dans la



collection de bananiers de Guinée. Lui aussi fut incapable de l'identifier. Les chercheurs français distribuèrent le cultivar dans leurs stations de recherche sous le nom de 'Yangambi km 5' et le nom resta.

Depuis cette époque, j'ai appris que cette plante avait été introduite à Yangambi avant la deuxième guerre mondiale depuis Kilo-Moto, un lieu situé dans le fin fond de l'extrémité nord-est du Congo. Comme je n'ai pu trouver aucune trace de cette introduction dans les archives, il est probable qu'il ait été apporté par les épouses des ouvriers recrutés par l'INEAC. On m'a également dit que les populations locales appellent ce cultivar 'lbota bota', ce qui signifie 'très fertile', en référence au grand nombre de fruits sur son régime.

La question est alors de savoir si cette plante a été cultivée en Afrique de l'est ou si elle a été introduite directement d'Asie. Je n'ai trouvé trace de ce cultivar dans aucune de mes explorations au Congo, au Rwanda et au Burundi, ni dans mes visites des collections d'Ouganda et de Tanzanie.

Entre-temps, sous l'impulsion de Ramon Valmayor, une autorité dans le domaine de la taxonomie des bananiers, des chercheurs locaux ont classifié de nombreux cultivars d'Asie du sud-est. En Thaïlande, le Dr Silayoi a identifié un 'Kluai thong ruang' dont la description me rappelle fortement celle de 'Yangambi km 5', sauf pour ses fruits déhiscent, mais le candidat le plus sérieux pour une synonymie avec 'Yangambi km 5' est 'Kluai hom bao' du sud de la Thaïlande. D'autres synonymes possibles en Thaïlande sont 'Kluai nam nom', 'Kluai chak nuan' et 'Kluai hom hak'. Il est possible que 'Yangambi km 5' ait été apporté de Thaïlande par un mineur travaillant dans l'une des nombreuses mines de la région de Kilo-Moto.

Il semble que nous devrions vivre encore un moment avec le nom 'Yangambi km 5', à moins que les outils moléculaires n'établissent qu'il s'agit d'un cultivar thaïlandais, auquel cas l'appellation thaïlandaise serait préférable.

*Edmond De Langhe
Professeur émérite
Leuven, Belgique*

Annonces

Congrès sur la maladie des raies noires

Un congrès international sur la gestion de la maladie des raies noires en Amérique latine et dans les Caraïbes se tiendra à San José, Costa Rica, les 1^{er} et 2 novembre 2005. La conférence est organisée par CORBANA, l'INIBAP et MUSALAC. Les quatre sessions seront dédiées à l'impact de la maladie sur la production et la qualité, l'épidémiologie, la biologie et l'écologie du champignon, la lutte chimique, la lutte biologique et l'amélioration génétique. Pour plus d'informations, consulter le site web de l'INIBAP : www.inibap.org.

Symposium sur la biotechnologie végétale

Le VII^{ème} Symposium de biotechnologie végétale se tiendra du 17 au 21 avril 2006 à l'Institut de biotechnologie végétale, Villa Clara, Cuba. Parmi les thèmes abordés, on trouvera la transformation génétique, la bioinformatique, la culture de tissus, l'amélioration génétique, la biosécurité et les droits de propriété intellectuelle. Un atelier sera consacré aux bananiers et aux bananiers plantain. Pour plus d'informations, contacter Orlando Gregorio Chaviano à l'adresse électronique suivante : biotec2006@ibp.edu.cu.

Conseils aux auteurs

INFOMUSA est une revue internationale publiée deux fois par année en anglais, en français et en espagnol. Elle se veut la vitrine des résultats de la recherche et des projets intéressant la communauté bananière. Etant donné qu'INFOMUSA publie des articles sur tous les sujets concernant *Musa*, les auteurs doivent viser un style clair et simple, et éviter tout jargon non indispensable, afin de rendre leur article accessible aux lecteurs venant d'autres disciplines.

Les textes dactylographiés seront préparés en français, anglais ou espagnol et ne devront pas excéder 2500 mots. Ils seront présentés en double interligne. Toutes les pages seront numérotées (y compris celle incluant les tableaux, figures, légendes et références) à partir de la page de titre.

Mentionnez le nom complet de tous les auteurs ainsi que leur adresse au moment de l'étude. Indiquez également l'auteur auquel doivent être adressées les correspondances.

Les manuscrits peuvent être envoyés par courrier électronique ou sur une disquette lisible par un ordinateur compatible PC. Merci d'indiquer le nom et la version du logiciel de traitement de texte utilisé et l'adresse de courrier électronique de l'auteur. Nous aurons besoin dans tous les cas de recevoir par courrier deux copies imprimées du manuscrit.

Titre : Le titre sera le plus court possible et ne devra pas inclure de nombres, d'acronymes, d'abréviations ou de ponctuation.

Résumé : Un résumé n'excédant pas 200-250 mots devra accompagner la contribution. Il doit résumer de manière concise le contenu de l'article et doit être rédigé dans la même langue que l'article. Dans la mesure du possible, des traductions (incluant le titre) dans les deux autres langues seront également envoyées.

Mots-clé : Merci de fournir un maximum de six mots-clé classés par ordre alphabétique, sous le résumé dans la langue d'origine.

Introduction : L'introduction devra présenter les raisons de la recherche ainsi que toute information pertinente. L'introduction n'ayant pas pour objectif de présenter une revue exhaustive du sujet, le nombre de références doit être limité au minimum. Les introductions sur l'importance de la banane pour la sécurité alimentaire et économique devront être évitées, sauf lorsqu'elles sont absolument nécessaires à la compréhension de l'article.

Matériel et méthodes : Les auteurs devront fournir suffisamment de détails sur leur dispositif expérimental pour permettre au lecteur d'apprécier la validité de la recherche. Pour des matériels et des méthodes communément utilisés, une simple référence suffit.

Résultats : L'unité devra être séparée du nombre par un espace et suivre la nomenclature SI ou la nomenclature habituelle d'un domaine particulier. Les unités non courantes ou les abréviations devront être définies.

Présentez les données dans le texte, sous la forme d'une figure ou d'un tableau, mais jamais sous plus d'une de ces formes. Évitez l'utilisation de graphes pour présenter des données qui pourraient être présentées de manière plus concise dans le texte ou sous forme de tableau. Limitez les photographies à celles qui sont absolument nécessaires pour illustrer les résultats expérimentaux.

Discussion : La discussion ne devra pas s'étendre à nouveau sur les résultats et ni répéter l'introduction. Elle pourra être combinée avec les résultats.

Références : Les références bibliographiques seront présentées par ordre alphabétique d'auteurs. L'appel à référence dans le texte indiquera le nom de l'auteur et l'année de publication (exemple : Sarah *et al.* 1992, Rowe 1995). Les références à des documents à diffusion limitée, tels que des rapports annuels, et les citations de communications personnelles et de données non publiées sont à éviter. Une liste de références, classées par ordre alphabétique, sera fournie à la fin du texte.

Vous trouverez ci-dessous trois exemples de références parmi les plus courantes :

Périodiques : Sarah J.L., C. Blavignac & M. Boisseau. 1992. Une méthode de laboratoire pour le criblage variétal des bananiers vis-à-vis de la résistance aux nématodes. *Fruits* 47(5):559-564.

Ouvrages : Stover R.H. & N.W. Simmonds. 1987. *Bananas* (3rd edition). Longman, London, United Kingdom.

Articles (ou chapitres) dans des ouvrages : Bakry F. & J.P. Horry. 1994. *Musa* breeding at CIRAD-FLHOR. Pp. 169-175 in *The Improvement and Testing of Musa: a Global Partnership* (D.R. Jones, ed.). INIBAP, Montpellier, France.

Illustrations et tableaux : Numérotez-les et faites référence à ces numéros dans le texte. N'oubliez pas d'indiquer les légendes. Insérez les figures et les tableaux après les références bibliographiques ou sous forme de fichiers séparés.

Graphiques : Merci de fournir avec le graphique les données brutes correspondantes, si possible sous forme de fichier Excel.

Dessins : Dans la mesure du possible, fournir des originaux.

Photographies : Nous préférons les originaux des photographies (sur papier brillant avec un bon contraste pour les photographies en noir et blanc ; des tirages papier de bonne qualité et des négatifs ou des diapositives originales pour des photographies en couleur), mais veuillez noter que nous ne les retournerons pas. Nous publierons les photos qui ont été numérisées ou prises avec un appareil numérique, à condition que la résolution soit suffisante (1 million de pixels ou un minimum de 300 dpi lorsque la photographie est à la taille réelle). Nous acceptons les fichiers JPEG, TIFF et EPS. Évitez d'envoyer des photographies insérées dans un document Word ou Power Point, sauf si elles sont accompagnées par une alternative de meilleure qualité.

Acronymes : Ils seront développés lors de leur première apparition dans le texte et suivis du sigle entre parenthèses.

Noms des cultivars : Le nom du cultivar devrait être placé entre guillemets simples. S'il s'agit d'un nom composé, seul le premier mot commencera par une majuscule, sauf si l'autre fait référence à un lieu ou à une personne. Le nom le plus couramment accepté, comme 'Grande naine' devrait être utilisé et les variations locales ou les traductions, tel que 'Gran Enano', devraient être évitées.

Note : Les auteurs citant dans leur article du matériel végétal originaire du Centre de transit de l'INIBAP (ITC) à Leuven ou indexé dans ce centre indiqueront les numéros de code ITC des accessions citées.

Merci de suivre ces conseils. Cela facilitera et accélérera le travail d'édition.

Sous presse

D.W. Turner et F.E. Rosales (eds). 2005. Banana Root System: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an International Symposium held in San José, Costa Rica, 3-5 November 2003.

Parutions récentes

INIBAP 2004. Rapport annuel INIBAP 2003. Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain, Montpellier, France.

S. Mohan Jain et R. Swennen (eds). 2004. Banana Improvement - Cellular, Molecular Biology, and Induced Mutations. Ce livre de 392 pages, co-publié par la FAO, l'IAEA et l'INIBAP présente les résultats du projet de recherche coordonné par la FAO/IAEA portant sur la biologie cellulaire et les biotechnologies, incluant les techniques de mutation pour la création de nouveaux génotypes utiles de bananier. Le livre contient également plusieurs articles de fond qui apportent une information actualisée sur les outils de la biotechnologie qui peuvent être utilisés pour produire, d'une façon plus rapide et plus efficace, de nouvelles variétés de *Musa* possédant des caractères intéressants.

Pour obtenir une liste complète de nos publications, consultez notre site web ou contactez Leila Er-rachiq au siège central à Montpellier.

Courriel : l.er-rachiq@cgiar.org

**Les adresses de l'INIBAP**

- **Siège :**

Parc Scientifique Agropolis II
34 397 Montpellier Cedex 5 - FRANCE
Courriel : inibap@cgiar.org
Fax : (33) 467 61 03 34
Directeur : **Dr Richard Markham**
Courriel : r.markham@cgiar.org
Coordinateur, Amélioration génétique de *Musa* :

- **Dr Jean-Vincent Escalant**

Courriel : j.escalant@cgiar.org
Coordinateur, Génétique et conservation des ressources génétiques de *Musa* : **Dr Nicolas Roux**
Courriel : n.roux@cgiar.org

Coordinateur, Agroécosystèmes et recherche de valeur ajoutée pour les filières de production : **Dr Charles Staver**

Courriel : charles.staver@cgiar.org

Coordinatrice, Information et communication :

- **Claudine Picq**

Courriel : c.picq@cgiar.org
Responsable MGIS : **Elizabeth Arnaud**

Courriel : e.arnaud@cgiar.org

Comptable : **Emmanuel Gonnord**

Courriel : e.gonnord@cgiar.org

Spécialiste évaluation de l'impact: **Charlotte Lusty**

Courriel : c.lusty@cgiar.org

- **Bureau Régional pour l'Amérique latine et les Caraïbes**

Coordinateur régional : **Dr Franklin E. Rosales**

Expert associé, transfert de technologies :

- **Dr Luis Pocasangre**

C/o CATIE

Apdo 60-7170 Turrialba, Costa Rica

Tel/Fax : (506) 556 2431

Courriel : inibap@catie.ac.cr

- **Bureau Régional pour l'Asie et le Pacifique**

Coordinateur régional : **Dr Agustin Molina**

Expert associé, transfert de technologies :

- **Dr Inge Van Den Bergh**

C/o IRRI Rm 31, GS Khush Hall

Los Baños, Laguna 4031

Philippines

Fax: (63-49) 536 05 32

Courriel : a.molina@cgiar.org

- **Bureau Régional pour l'Afrique occidentale et centrale**

Coordinateur régional : **Dr Ekow Akyeampong**

Coordinateur régional de l'information pour l'Afrique :

- **Josué Tetang Tchinda**

Expert associé, transfert de technologies : Kim Jacobsen

C/o CARBAP - BP 12438

Douala, Cameroun

Tel./Fax : (+237) 342 91 56

Courriel : ekow@creolink.net

- **Bureau Régional pour l'Afrique orientale et australe**

Coordinateur régional : **Dr Eldad Karamura**

Expert associé, transfert de technologies : Dr Guy Blomme

P.O. Box 24384

Kampala, Ouganda

Fax: +(256-41) 28 69 49

Courriel : inibap@imul.com

- **Centre de Transit INIBAP (ITC)**

Responsable : **Ines Van Den Houwe**

Katholieke Universiteit Leuven

Laboratory of Tropical Crop Improvement

Kasteelpark Arenberg 13,

B-3001 Leuven, Belgique

Fax: (32-16) 32 19 93

Courriel : ines.vandenhouwe@agr.kuleuven.ac.be