Résistance des bananiers aux nématodes : criblage variétal et approche des mécanismes

JL Sarah
Cirad-Flhor
BP 5035
34032 Montpellier cedex 01
France

R Fogain
CRBP
BP 832
Douala
Cameroun

C Valette
Cirad-Flhor
BP 5035
34032 Montpellier cedex 01
France

Reçu le 6 octobre 1996
Accepté le 20 août 1997

Fruits, 1997, vol 52, p 267-271
® Elsevier, Paris

Resumen Español, *p 271*

Nematode resistance in bananas: varietal screening and resistance mechanisms.

ABSTRACT

Introduction. Genetic breeding, based on developing nematode resistance or tolerance, has considerable potential for nematode control in bananas. **Varietal screening.** In Cameroon, trials of varietal screening for banana resistance to *Radopholus similis* have shown promising results. However, results for *Pratylenchus goodeyi* are still only preliminary. **Resistance mechanisms.** The resistance mechanisms of bananas against *R similis* were studied using ultrastructural and histochemical analyses. The different degrees of nematode infestation of tissue appear to be linked to the amounts of flavones and catechol tannin found in the roots. Other compounds such as caffeic esters, ferulic acid, lignin, and dopamine could play a role that has yet to be identified. The initial results confirm that numerous mechanisms are involved in resistance to *R similis*. **Conclusions and perspectives.** Resistance to *R similis* is not uncommon in bananas. The species *Pratylenchus goodeyi* could also be affected by the same resistance mechanisms as *R similis*. Preformed phenolic compounds seem to play an important role in the natural resistance of some banana varieties, but compounds produced after infestation are also involved in the banana's defence against nematodes. Genetic breeding techniques are being explored that should make it possible to bypass the complexity of natural mechanisms. The study of tolerance is complex, however indirect criteria that affect the root system's development could be good indicators for genotype preselection.

KEYWORDS
Musa, pest resistance, variety trials.

Résistance des bananiers aux nématodes : criblage variétal et approche des mécanismes.

RÉSUMÉ

Introduction. La voie génétique basée sur la sélection de résistance ou de tolérance représente une approche prometteuse pour la lutte contre les nématodes des bananiers. **Criblage variétal.** Le criblage variétal vis-à-vis de la résistance des bananiers à *Radopholus similis*, mené au Cameroun, a donné des résultats très intéressants. Pour *Pratylenchus goodeyi*, les données ne sont encore que préliminaires. **Approche des mécanismes.** Les mécanismes de la résistance des bananiers envers *R similis* ont été analysés à partir d'approches ultrastructurales et histochimiques. Les taux différents d'invasion des tissus par le nématode apparaissent liés aux teneurs des racines en flavonoïdes et en tanins catéchiques. D'autres composés tels qu'esters caféiques, acide férulique, lignine et dopamine pourraient jouer un rôle qui est encore non défini. Les premiers résultats confirment la multiplicité des mécanismes impliqués dans la résistance à *R similis*. **Conclusions et perspectives.** Les manifestations de résistance à *R similis* ne sont pas rares chez le bananier. Par ailleurs, l'espèce *P goodeyi* pourrait être affectée par les mêmes mécanismes de résistance que *R similis*. Les composés phénoliques préformés apparaissent jouer un rôle important dans la résistance naturelle de certaines variétés de bananiers, mais des postformés interviennent également dans les réactions de défense du bananier aux nématodes. La technique de transformation génétique, en cours d'exploration, permettrait de contourner la complexité des mécanismes naturels. L'étude de la tolérance est délicate ; toutefois, des critères indirects portant sur le développement de l'appareil racinaire pourraient être de bons indicateurs de présélection des génotypes.

MOTS CLÉS
Musa, résistance aux facteurs nuisibles, essai de variétés.

introduction

Parmi les voies explorées pour la lutte contre les nématodes des bananiers, la voie génétique visant à mettre en évidence et utiliser les phénomènes de résistance ou de tolérance connaît un grand regain d'intérêt, lié au développement de nouvelles approches pour l'amélioration variétale.

criblage variétal

Les études de criblage variétal menées au Centre régional des bananiers et plantains (CRBP), au Cameroun, ont donné des résultats très intéressants concernant la résistance à *Radolphus similis* (FOGAIN, 1995 et 1996) (figure 1). Certains diploïdes de *Musa balbisiana* (BB) et certains diploïdes de *M acuminata* (AA), tels que Calcutta 4 ou, bien sûr, Pisang Jari Buaya, se montrent résistants, de même le triploïde de *M acuminata* (AAA), Yangambi km 5, qui confirme sa quasi-immunité au champ. D'une manière générale, les diploïdes AA présentent une grande variabilité de comportement. En particulier, les Banksii – parents 'A' des plantains – se révèlent généralement sensibles.

Pour l'espèce *Pratylenchus goodeyi,* dominante dans les zones d'altitude d'Afrique, les résultats ne sont encore que préliminaires, mais il est intéressant de noter que cette espèce se développe beaucoup moins sur Yangambi km 5 que sur French Sombre (plantain, AAB).

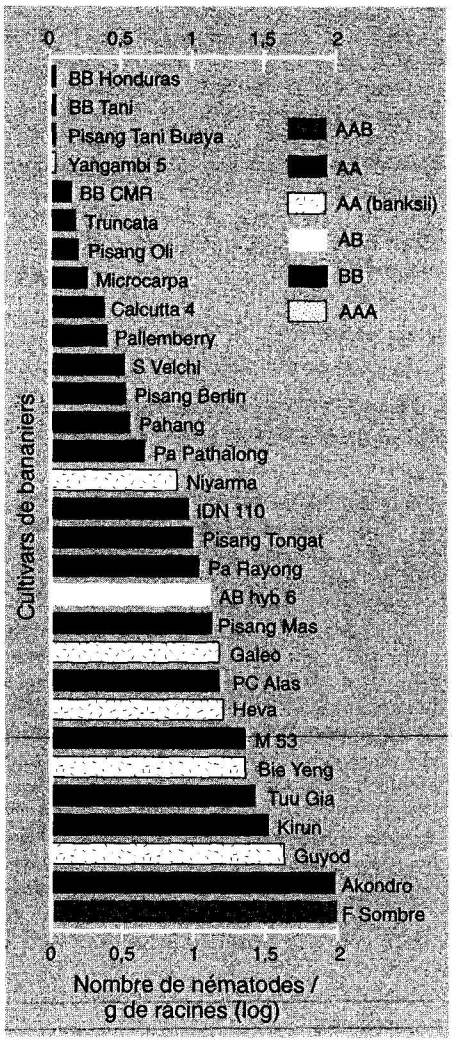

Figure 1
Différence de sensibilité de divers génotypes de bananiers vis-à-vis de Radopholus similis *(FOGAIN, 1995).*

approche des mécanismes

Des approches des mécanismes de la résistance des bananiers envers *R similis* ont été entreprises par VALETTE (1996) à Montpellier (France), en collaboration étroite avec NICOLE du laboratoire de phytopathologie de l'Orstom pour les approches ultrastructurales, et avec ANDARY de la faculté de pharmacie de Montpellier pour l'étude des composés phénoliques. Les travaux de recherche sont basés principalement sur la comparaison entre les variétés Yangambi km 5 – partiellement résistante – et Poyo – sensible –, mais d'autres variétés ont été incluses dans quelques études ponctuelles (FARGETTE et al, 1997).

La dynamique de pénétration dans les racines et la résistance préinfectieuse ont donné lieu à diverses études : le taux d'invasion des tissus est bien plus élevé dans le Poyo que dans le Yangambi (figure 2) et ce, à un stade très précoce, puisque les études ont été conduites sur de jeunes plantules, 24 à 48 h après leur sortie de conditions in vitro (VALETTE, 1993 ; VALETTE et al, 1994 ; VALETTE, 1996). Toutefois, *R similis* ne semble pas être attiré ou repoussé préférentiellement par une variété plus que par une autre (figure 3). Les différences observées dans le taux d'invasion apparaissent donc liées aux mécanismes de pénétration.

Les observations histobiochimiques des racines (VALETTE, 1996) ont révélé la présence de flavonoïdes, d'esters caféiques et d'acide férulique chez le Yangambi sain, qui présente également une concentration plus importante que la variété Poyo en lignine et dopamine localisées surtout au niveau du cylindre central et de l'endoderme. Parallèlement, des différences de teneurs en ces deux dernières substances ont été observées entre apex, où leur concentration est faible, et zone âgée, où elle est élevée, cela aussi bien chez la variété Poyo – sensible – que chez Yangambi – résistant. Ainsi serait expliquée, du moins en partie, la pénétration préférentielle au niveau de l'apex. Par ailleurs, des flavonoïdes sont, au moins partiellement, induits lors de la progression de *R similis* dans les deux variétés, mais en plus grande quantité chez le Yangambi où l'accumulation est intense, rapide et localisée. Enfin, il existe des composés phénoliques pariétaux et associés à la lamelle moyenne, laquelle joue le rôle de structure d'interface entre la plante et le nématode.

Les études parallèles menées au Cameroun, moins détaillées mais portant sur grand nombre de génotypes, montrent une corrélation intéressante entre la teneur en matière sèche et le phénomène de résistance, sauf dans le cas des triploïdes AAA (FOGAIN, 1995 ; FOGAIN et GOWEN, 1996) (figure 4a). La teneur en matière sèche peut traduire des différences dans la composition et l'épaisseur des parois cellulaires. La résistance paraît être liée à la teneur en phénol pour les AAA, et aux lignines localisées dans les parois cellulaires pour les diploïdes AA (figure 4 b et c). Il s'agit, cependant, de résultats préliminaires qu'il convient de manier avec beaucoup de prudence. Aucune liaison n'a pu être établie entre les paramètres biochimiques et histologiques étudiés et la résistance des diploïdes BB. Ces résultats diversifiés confirment la multiplicité des mécanismes pouvant contribuer à la résistance à *R similis*.

conclusions et perspectives

Les études de criblage variétal sont essentiellement orientées vers la mise en évidence de la résistance qui est relativement facile à évaluer aussi bien en tests précoces qu'au champ. Les résultats obtenus au CRBP montrent que les manifestations de résistance à *R similis* ne sont pas rares au sein des divers génotypes. Il semble aussi que l'espèce *Pratylenchus goodeyi*, dont la niche écologique est similaire à celle de *R similis*, mais à des températures plus faibles, soit affectée par les mêmes mécanismes de résistance (FOGAIN, 1995). Cela reste toutefois à confirmer, alors que, parallèlement, des études approfondies concernant d'autres espèces majeures, telles que *Pratylenchus coffeae* ou les espèces du genre *Meloidogyne*, seront nécessaires.

Sous la forme de composés préformés, les composés phénoliques apparaissent jouer un rôle important dans la résistance naturelle de certaines variétés de bananiers à *R similis*, mais des composés postformés interviennent également dans les réactions de défense du bananier au nématode. Toutefois, la grande diversité des composés impliqués et la graduation du taux de résis-

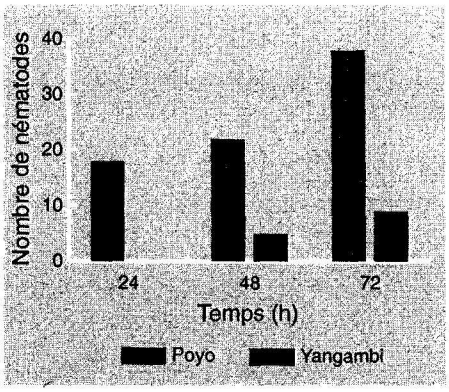

Figure 2
Dynamique de pénétration de Radopholus similis *dans les racines de jeunes plantules de deux variétés de bananiers (VALETTE, 1996).*
Cent nématodes sont inoculés sur les racines des jeunes plantules. Toutes les 24 h, les racines sont fixées et colorées à la fuschine acide afin de pouvoir dénombrer les nématodes.

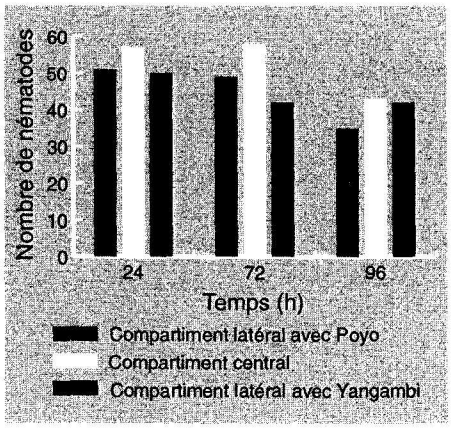

Figure 3
Étude de l'attractivité différentielle de deux variétés de bananiers vis-à-vis de Radopholus similis *(VALETTE, 1996).*
Trois cents nématodes sont inoculés dans le compartiment central d'un dispositif comprenant également deux compartiments latéraux contenant, chacun, une plantule d'une des deux variétés comparées.
Toutes les 24 h, les nématodes présents dans le sable des divers compartiments sont dénombrés.

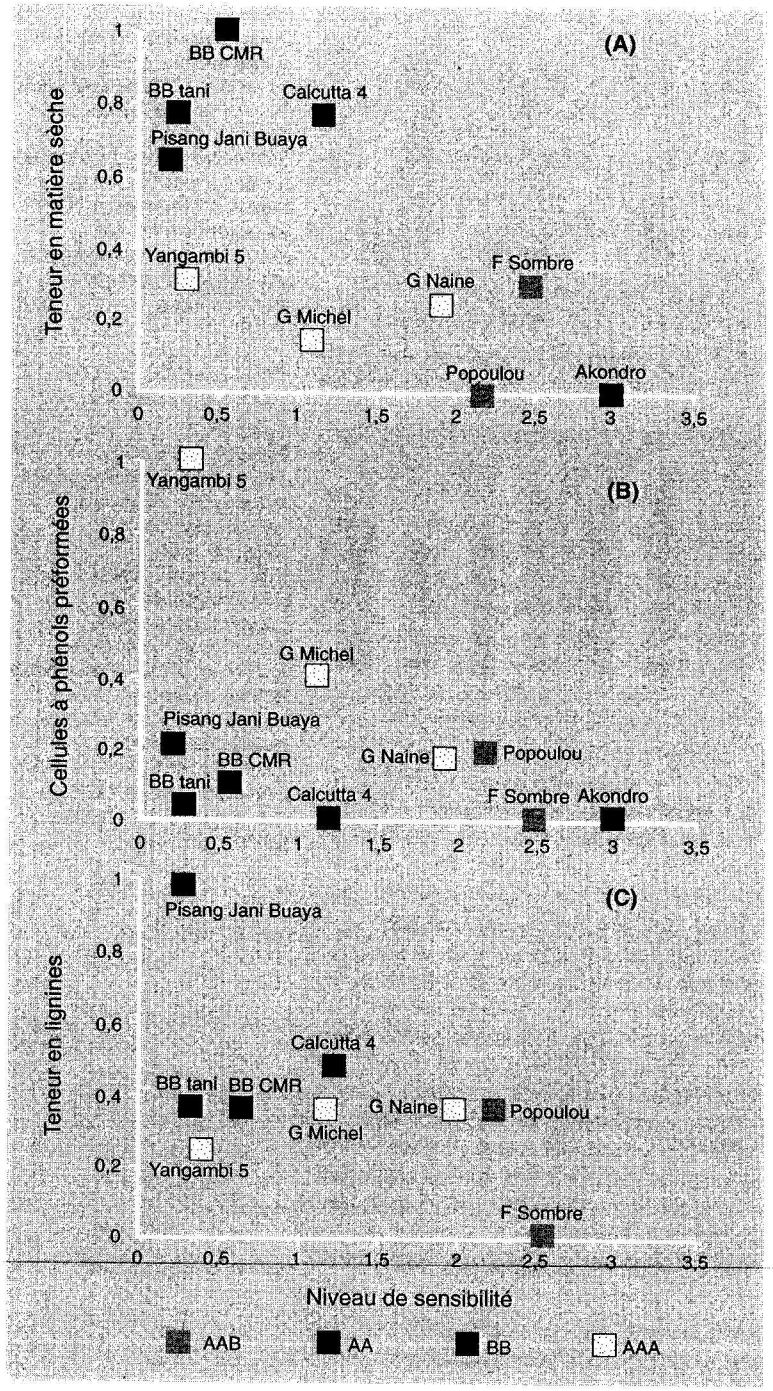

Figure 4
Relations entre certaines caractéristiques biochimiques des plants et leur degré de résistance à Radopholus similis *(FOGAIN, 1995). Le niveau de sensibilité est évalué par le nombre de nématodes présents dans les racines (unité logarithmique). Les divers paramètres (A : teneur en matière sèche ; B : cellules à phénols ; C : teneur en lignines) sont exprimés relativement au taux le plus élevé, observé. La représentation des divers groupes génomiques est identique à celle de la figure 1.*

tance depuis les variétés quasi immunes jusqu'aux plus sensibles – des plantains notamment – révèlent l'existence de mécanismes multiples et variés, gouvernés par de nombreux gènes, et donc d'une manipulation pouvant être difficile pour l'obtention de nouveaux cultivars résistants.

La voie de l'incorporation de gènes étrangers par transformation génétique – inhibiteurs de protéases, par exemple – a commencé à être explorée et pourrait se montrer très intéressante dans un futur relativement proche en permettant de contourner cette complexité des mécanismes naturels.

Enfin, l'étude de la tolérance pose des problèmes d'évaluation objective. Par sa nature, l'évaluation précoce n'est pas possible et seules des études de longue durée, au champ, peuvent donner des informations. Toutefois, des critères indirects, tels que la capacité et la dynamique de développement de l'appareil racinaire, pourraient être de bons indicateurs de présélection des génotypes.

références

Fogain R (1995) Study of the resistance of *Musa* spp to nematodes (*Radopholus similis* and *Pratylenchus goodeyi*). Royaume-Uni, université Reading, thèse de doctorat, 315 p

Fogain R (1996) Greenhouse evaluation of *Musa* for suceptibility to *Radopholus similis*. Evaluation of plantains AAB and diploid AA, AB and BB. In: *New frontiers in resistance breeding for nematodes, Fusarium and Sigatoka*. Montpellier, France, IPGRI, Inibap, 79-86

Fogain R, Gowen S (1996) Investigations on possible mechanisms of resistance in *Musa*. *Euphytica* 92, 375-381

Valette C (1993) Étude des interactions du nématode *Radopholus similis* avec différentes variétés de bananiers et variabilité de la teneur en composés phénoliques de ces variétés. Paris, France, université Pierre-et-Marie-Curie, Paris-VI, DEA, 33 p

Valette C (1996) Étude de la variabilité des interactions bananier–nématode : approche des facteurs de la résistance du bananier à *Radopholus similis*. Paris, France, Cirad-Flhor, université Pierre-et-Marie-Curie, Paris-VI, doctorat, 2 fascicules (texte + illustrations), 102 p + 74

Valette C, Nicole M, Sarah JL, Fargette M, Boisseau M, Geiger JP (1994) Ultrastructure of banana roots infected by the burrowin,g nematode *Radopholus similis*. In: *Résumés du colloque international Orstom-SFP, Histologie, ultrastucture et cytologie moléculaire des interactions plantes–microorganismes*. Montpellier, France, 30 novembre, 1 et 2 décembre 1994.

Valette C, Nicole M, Sarah JL, Boisseau M, Boher B, Fargette M, Geiger JP (1997). Ultrastructure and cytochemistry of interactions between bananas and the nematode *Radopholus similis*. *Fundamental and Applied Nematology* 20 (1), 65-77

Resistencia de los bananos a los nematodos : clasificación de variedades y enfoque de los mecanismos.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. La vía genética en la selección de resistencia o de tolerancia representa un enfoque prometedor para la lucha contra los nematodos de los bananos. **CLASIFICACIÓN DE VARIEDADES.** El clasificación de variedades con respecto a la resistencia de los bananos a *Radopholus similis*, realizada en Camerún, dio resultados muy interesantes. Para *Pratylenchus goodeyi*, los datos sólo son preliminares por el momento. **ENFOQUE DE LOS MECANISMOS.** Los mecanismos de la resistencia de los bananos a *R similis* fueron analizados a partir de enfoques ultraestructurales y del estudio de los compuestos fenólicos. Las diferentes tasas de invasión de los tejidos por el nematodo parecen relacionados con los mecanismos de penetración, que podrían tener a su vez relación con los contenidos de flavonoides, ésteres cafeicos y ácido ferúlico en las raíces, así como los contenidos de lignina y dopamina. Los primeros resultados confirman la multiplicidad de los mecanismos implicados en la resistencia a *R similis*. **CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.** Las manifestaciones de resistencia a *R similis* no son raras en el banano. Además, la especie *Pratylenchus goodeyi* podría ser afectado por los mismos mecanismos de resistencia que *R similis*: en forma de compuestos preformados, los compuestos fenólicos parecen tener un papel importante en la resistencia natural de ciertas variedades de bananos, pero también intervienen compuestos postformados en las reacciones de defensa del banano ante el nematodo. La técnica de transformación genética, que se está explorando, podría permitir evitar la complejidad de los mecanismos naturales. El estudio de la tolerancia es delicada, pero los criterios indirectos referentes al desarrollo del sistema radicular podrían ser buenos indicadores de preselección de los genotipos.

PALABRAS CLAVES

Musa, resistencia a las plagas, ensayos de variedades.