

# Pénétration et développement des juvéniles d'une souche de *Meloidogyne javanica* et d'une race B de *M. incognita* dans les racines du fonio (*Digitaria exilis* Stapf)

Etienne SARR et Jean-Claude PROT

Laboratoire de Nématologie, O.R.S.T.O.M., B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

## RÉSUMÉ

Les auteurs ont étudié la pénétration et le développement des juvéniles d'une population de *Meloidogyne javanica* et d'une race B de *Meloidogyne incognita* sur le fonio, ou millet d'Afrique occidentale, *Digitaria exilis* Stapf. Les juvéniles de *M. javanica* pénètrent en nombre important, 50 % des individus étant présents dans les racines, six jours après l'infestation; ce pourcentage décroît ensuite rapidement, moins de 2 % des individus étant retrouvés dans les racines 28 jours après l'inoculation. Une réaction d'hypersensibilité a été observée : la croissance des racines est stoppée et les apex se nécrosent; seuls quelques juvéniles se développent en se transformant en mâles. Ce type de réaction n'est pas observée pour la race B de *M. incognita* dont 6 % seulement des juvéniles parviennent à se fixer dans les racines, moins de 0,4 % d'entre eux atteignant le stade femelle après 28 jours. Le fonio peut donc être qualifié de plante résistante à ces *Meloidogyne* et pourrait être éventuellement utilisé en rotation avec les cultures maraîchères pour contrôler ces parasites.

## SUMMARY

*Penetration and development of juveniles of a strain of Meloidogyne javanica and of a B race of M. incognita in the roots of the fonio (Digitaria exilis Stapf)*

Six days following inoculation, 50 % of the juveniles of *M. javanica* were present in the roots. However root populations declined steadily, and 28 days after inoculation fewer than 2 % of the original inoculum remained in the roots. A hypersensitive reaction in response to penetration by *M. javanica* was observed : root elongation stopped and root tips became necrotic; the few individuals which completed sexual development, developed as males. Infection by *M. incognita*, race B did not result in a hypersensitive response. However only 6 % of the inoculated juveniles penetrated the roots and fewer than 0.4 % developed as females by day 28. The results demonstrate the resistance of fonio to parasitism by *M. javanica* and *M. incognita* and suggest its possible use as a rotation crop to manage damage by these pests.

Le fonio (*Digitaria exilis* Stapf) ou millet d'Afrique occidentale est une graminée cultivée dans le sud du Sénégal, en Guinée, en Guinée Bissau et au Mali. Au cours d'une prospection dans le Fouta Djallon (Guinée), il a été remarqué que dans des potagers fortement infestés par les nématodes du genre *Meloidogyne*, le fonio n'était pas attaqué et que l'on ne retrouvait pas ou très peu de *Meloidogyne* dans les sols portant cette culture.

Overman (1961) a rapporté que *Meloidogyne* n'était pratiquement jamais détecté dans les champs cultivés avec *Digitaria decumbens* Stent. Martin et Armstrong (1975) ont remarqué que cette plante n'était pas attaquée par *Meloidogyne javanica* et Haroon et Smart (1983) ont montré que *Meloidogyne incognita* ne s'y reproduisait pas.

L'objectif de nos recherches était d'étudier l'effet de *D. exilis* sur le développement d'une souche de *M. javanica* et d'une race B de *Meloidogyne incognita*, ceci dans le but de savoir si cette graminée pouvait éventuellement être utilisée en rotation avec les cultures maraîchères pour contrôler les populations de *Meloidogyne* comme il l'a été suggéré pour *D. decumbens* par Hayslip et al. (1964).

## Matériel et méthodes

Les juvéniles de deuxième stade de *Meloidogyne javanica* et de *Meloidogyne incognita* utilisés au cours de ces expériences proviennent de deux élevages entretenus en serre respectivement sur kénaf, *Hibiscus cannabinus*

L., et sur tomate résistante, *Lycopersicon esculentum* cv. Rossol. Ils ont été extraits de racines infestées en plaçant celles-ci dans un extracteur à brouillard (Seinhorst, 1950); seuls les individus collectés depuis 24 h ont été utilisés. La souche de *M. incognita* utilisée lors de ces expériences est qualifiée de race B selon la définition donnée par Riggs et Winstead (1959), car elle se reproduit aussi bien sur huit cultivars résistants de tomate que sur le cultivar sensible Roma.

Toutes les expériences ont été conduites en pots de verre d'une capacité de 70 cm<sup>3</sup> contenant 60 cm<sup>3</sup> d'un sol sableux préalablement stérilisé par autoclavage (120° pendant 30 mn) et tamisé entre 800 et 200 µm. Les pots

ont été placés dans un bac à température constante (30°) en serre. Quatre graines de fonio ont été semées dans chaque pot; une seule plantule a été conservée par pot après la germination.

Deux expériences ont été réalisées avec *M. javanica* et une avec *M. incognita*. Les juvéniles, en suspension dans 5 cm<sup>3</sup> d'eau ont été introduits au centre de chaque pot 15 jours après le semi. En fin d'expériences, les individus présents dans les racines ont été dénombrés et leur stade de développement déterminé après que les systèmes radiculaires aient été colorés à chaud par la fuschine acide dissoute dans le lactophénol (Franklin,

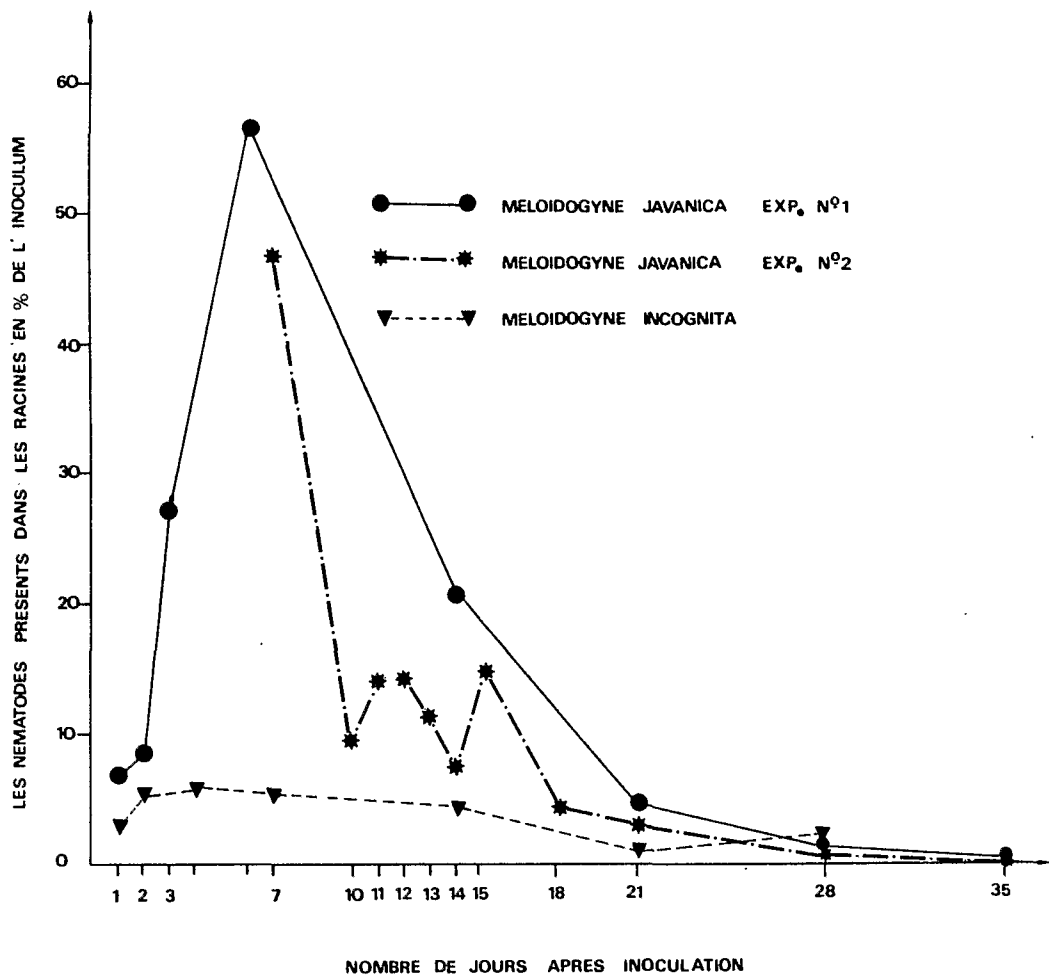


Fig. 1. Évolution dans le temps, après inoculation avec des juvéniles de 2<sup>e</sup> stade, du pourcentage d'individus retrouvés dans les racines de fonio (*Digitaria exilis*, Stapf) lors de deux expériences réalisées avec *M. javanica* (ronds : 1<sup>re</sup> expérience; étoiles : 2<sup>e</sup> expérience) et d'une expérience effectuée avec une race B de *M. incognita* (triangles).

Percentage of inoculum of second stage juveniles of *M. javanica* or *M. incognita* found in roots of fonio (*Digitaria exilis* Stapf) as a function of time in two experiments with *M. javanica* (circles, stars) and one with *M. incognita* (triangles).

1949), puis différenciés à froid dans du lactophénol pur pendant 10 jours et enfin montés entre deux plaques de verre.

Au cours de la première expérience réalisée avec *M. javanica*, 190 juvéniles de deuxième stade ont été inoculés dans chaque pot et des lots de huit systèmes radiculaires ont été fixés et colorés après 1, 2, 4, 6, 14, 21, 28 et 35 jours de contact. Par ailleurs au 35<sup>e</sup> jour, huit systèmes radiculaires ont été placés dans un extracteur à brouillard.

Dans la deuxième expérience conduite avec *M. javanica*, 160 juvéniles ont été inoculés dans chaque pot et des lots de cinq systèmes radiculaires ont été fixés et colorés après 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 21, 28 et 35 jours. Simultanément les nématodes présents dans le sol ont été extraits par élutriation (Seinhorst, 1962). Au 35<sup>e</sup> jour de contact cinq systèmes radiculaires ont été placés dans un extracteur à brouillard.

Lors de l'expérience réalisée avec *M. incognita*, 200 juvéniles de deuxième stade ont été inoculés par pot et des lots de huit systèmes radiculaires fixés et colorés 1, 2, 4, 7, 14, 21 et 28 jours après l'inoculation.

## Résultats

### PÉNÉTRATION ET DÉVELOPPEMENT DES JUVÉNILES DE *M. javanica*

La figure 1 montre les pourcentages d'individus retrouvés dans les racines de fonio à différents temps après l'inoculation des juvéniles au cours des deux expériences réalisées avec *M. javanica*. Le tableau 1 indique, en fonction du temps écoulé à partir de l'inoculation, les pourcentages des différents stades de développement observés relativement aux nombres d'individus présents dans les racines.

Nous pouvons constater que les juvéniles de *M. javanica* ont pénétré en assez grand nombre dans les racines de fonio puisque, six jours après l'inoculation, environ 50 % des individus ont été retrouvés dans les racines. Après la première semaine de contact, le nombre d'individus présents dans les racines décroît rapidement. Au quatorzième jour il ne reste que 20 % des nématodes dans les racines et il n'y en a plus que 5 % au 21<sup>e</sup> jour et moins de 2 % à partir du 28<sup>e</sup> jour. Cette décroissance du nombre d'individus présents dans les racines peut avoir trois causes : *i*) une sortie des juvéniles de 2<sup>e</sup> stade; *ii*) la mort des juvéniles dans les racines suivie d'une lyse de leurs cadavres; *iii*) la production de mâles qui quittent les racines.

Les juvéniles de *M. javanica* semblent ressortir des racines de fonio après y avoir pénétré; de fait 10 jours après l'inoculation 75 % des juvéniles étaient retrouvés dans le sol. Cette sortie des juvéniles semble être due à une très forte réaction d'hypersensibilité de la plante à l'infestation. Si les juvéniles pénètrent en grand nombre dans les apex des racines (Fig. 3), on les y retrouve par

Tableau 1

Évolution des pourcentages des différents stades de *M. javanica* observés dans les racines de fonio (*Digitaria exilis* Stapf) en fonction du temps écoulé depuis l'infestation (pourcentage relatif au nombre d'individus présents dans les racines; moyenne de cinq systèmes racinaires).

Percentage of different developmental stages of *M. javanica* in fonio (*Digitaria exilis* Stapf) roots at various times after inoculation (percent of nematodes present in roots; mean values from five root systems).

n. jours n. days	Stade Stage		♂	♀
	J2	J3 + J4		
7	98	2	—	—
10	79	21	—	—
11	78	22	—	—
12	78	22	—	—
13	71	19	9	—
14	59	22	19	—
18	53	33	14	—
21	46	29	25	—

la suite car la croissance des racines est stoppée; les apex prennent une forme en massue et leurs tissus se nécrosent rapidement (Fig. 4). Un faible pourcentage des juvéniles de second stade parvient à muer pour donner des juvéniles de 3<sup>e</sup> stade (Fig. 5 et 6) la plupart n'évoluant pas (Fig. 7 et 8). Les quelques individus qui parviennent à se développer se transforment en mâles dont les premiers apparaissent 13 jours après l'inoculation des juvéniles (Tab. 1, Fig. 9). A partir du 28<sup>e</sup> jour, une grande partie des apex racinaires apparaissent entièrement nécrosés (Fig. 10). Vingt-huit et trente-cinq jours après l'inoculation les pourcentages d'individus présents dans les racines sont respectivement de moins de 2 et de 1 %, ils sont emprisonnés dans des tissus nécrosés et apparaissent morts (Fig. 11 et 12). Sur l'ensemble des expériences effectuées, un seul juvénile de *M. javanica* a évolué jusqu'au stade femelle (Fig. 13) mais aucun juvénile n'est sorti des systèmes radiculaires mis 35 jours après l'inoculation dans un extracteur à brouillard.

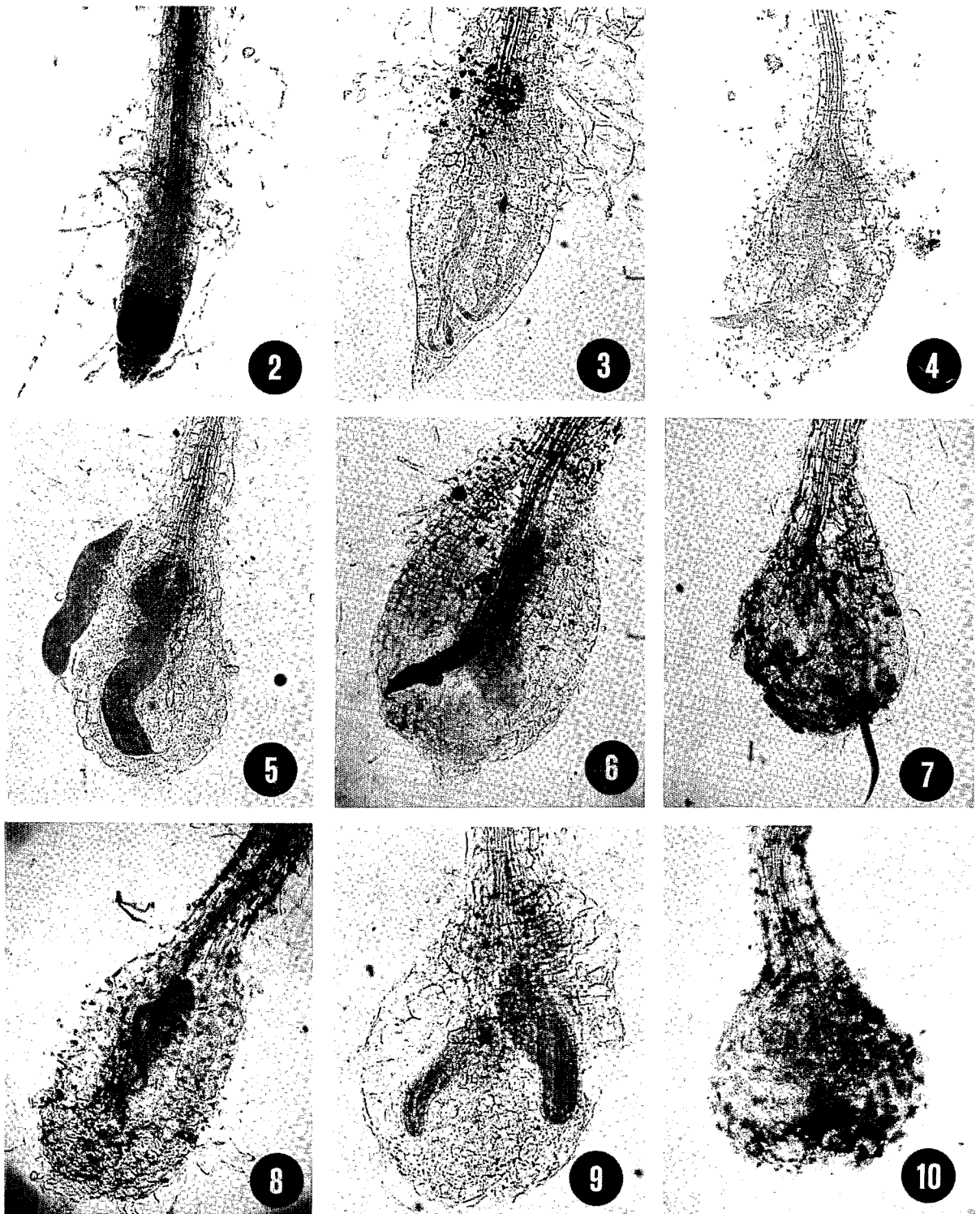


Fig. 2 à 13. Développement des juvéniles de *M. javanica* dans les racines de fonio (*Digitaria exilis*, Stapf) et réaction des racines à l'infestation en fonction du temps écoulé après l'inoculation. 2 : apex sain. 3 : juvéniles de 2<sup>e</sup> stade dans un apex au 4<sup>e</sup> jour. 4 : apex attaqué au 6<sup>e</sup> jour. 5 : juvéniles de 3<sup>e</sup> stade au 7<sup>e</sup> jour. 6-7 et 8 : nécrose des apex et juvéniles de 2<sup>e</sup> stade au 11<sup>e</sup> jour. 9 : formation de mâles au 14<sup>e</sup> jour. 10 : apex nécrosé au 28<sup>e</sup> jour. 11 et 12 : juvéniles de 3<sup>e</sup> et de 2<sup>e</sup> stade morts emprisonnés dans des tissus nécrosés au 35<sup>e</sup> jour. 13 : jeune femelle au 35<sup>e</sup> jour.

*Development of M. javanica juveniles in fonio (Digitaria exilis, Stapf) roots, and reaction to infection at various times after inoculation. 2 : healthy root-tip. 3 : juveniles in roots 4 days post-inoculation. 4 : infested root-tip 6 days post-inoculation. 5 : third stage juveniles 7 days post-inoculation. 6-7-8 : root-tip necrosis and second stage juveniles 11 days post-inoculation. 9 : development of males 14 days post-inoculation. 10 : root-tip necrosis 28 days post-inoculation. 11-12 : dead third and second stage juveniles in necrotic root-tissue 35 days post-inoculation. 13 : young female 35 days post-inoculation.*

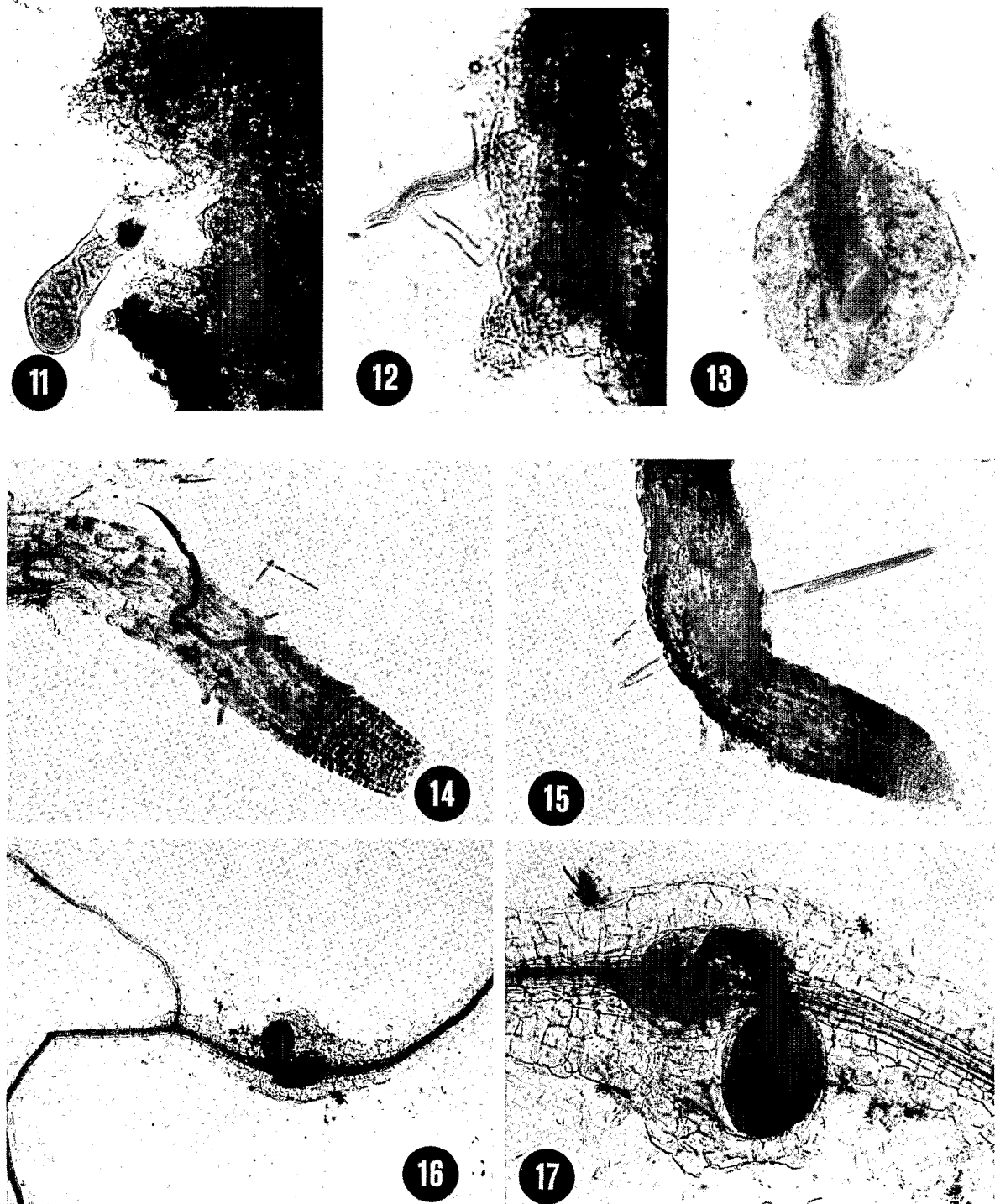


Fig. 14 à 17. Pénétration et développement des juvéniles d'une race B de *M. incognita* dans les racines de fonio (*Digitaria exilis*, Stapf) 14 : juvénile de 2<sup>e</sup> stade ressortant d'une racine. 15 : juvénile de 2<sup>e</sup> stade ayant traversé une racine. 16 et 17 : évolution des juvéniles qui sont parvenus à s'implanter dans les racines (noter l'absence de nécrose).

Penetration and development of juveniles of *M. incognita*, race B in fonio (*Digitaria exilis*, Stapf) roots. 14-15 : second stage juveniles exiting roots. 16-17 : development of juveniles which remain in roots (note absence of necrosis).

PÉNÉTRATION ET DÉVELOPPEMENT DE LA RACE B DE *M. incognita*

La pénétration des juvéniles de *M. incognita* dans les racines de fonio a été très faible puisque au maximum moins de 6 % des individus ont été retrouvés à l'intérieur des racines (Fig. 1). Il semble que, les juvéniles de *M. incognita* ne s'implantent que difficilement dans les racines de fonio. En effet, à plusieurs reprises nous avons pu observer des juvéniles qui ressortaient des racines (Fig. 14) ou même les traversaient de part en part sans s'y arrêter (Fig. 15).

La réaction des racines de fonio à l'infestation par les juvéniles de *M. incognita* est très différente de celle observée lors de l'infestation des juvéniles de *M. javanica*. Aucune nécrose n'est visible, les racines continuent de croître et les quelques juvéniles qui se sont fixés dans les racines provoquent la formation de cellules géantes et poursuivent leur développement (Fig. 16 et 17).

Le tableau 2 indique les pourcentages des différents

Tableau 2

Évolution des pourcentages des différents stades de *M. incognita* observés dans les racines de fonio (*Digitaria exilis* Stapf) en fonction du temps écoulé depuis l'inoculation (pourcentage relatif au nombre d'individus présents dans les racines; moyenne de huit systèmes racinaires).

Percentage of different developmental stages of *M. incognita* in fonio (*Digitaria exilis* Stapf) roots at various times after inoculation (percent of nematodes present in roots; mean values from eight root systems).

n. jours n. days	Stade Stage		♂	♀
	J2	J3 + J4		
1	100	—	—	—
2	100	—	—	—
4	100	—	—	—
7	85	15	—	—
14	78	22	—	—
21	10	85	—	5
28	30	53	2	15

stades observés par rapport au nombre d'individus présents dans les racines. Nous constatons que 28 jours après l'inoculation 15 % seulement des individus qui se sont fixés dans les racines se sont transformés en femelles; rapportées en pourcentage de l'inoculum initial les femelles ne représentent que 0,37 % des juvéniles inoculés. Le fonio est donc un très mauvais hôte même pour une race B de *M. incognita*. D'autre part, le développement paraît être arrêté très tôt puisque plus de 50 % des individus retrouvés dans les racines 28 jours après l'infestation sont encore au stade juvéniles de deuxième ou troisième stade.

## Conclusion

Les observations sur le terrain, confirmées par l'expérimentation avec *M. javanica* et une race B de *M. incognita*, semblent indiquer que le fonio est une plante résistante à ces nématodes. En ce qui concerne *M. javanica*, cette résistance est due à une réaction d'hypersensibilité analogue à celles décrites pour l'arachide (Netscher, 1975) et les variétés résistantes de soja (Dropkin & Nelson, 1960), de tomate (Riggs & Winstead, 1959) et de patate douce (Giamalva, Martin & Hernandez, 1963). La réaction d'hypersensibilité n'est pas provoquée par une race B de *M. incognita*, mais le taux de développement en femelles d'une telle souche est très faible puisque moins de 0,4 % des individus parviennent à ce stade 28 jours après l'inoculation.

Les populations de *Meloidogyne* spontanément capables de briser la résistance des cultivars sélectionnés étant relativement rares (Prot, 1984), il peut être envisagé d'utiliser le fonio en rotation avec les cultures maraichères dans le but de contrôler les nématodes du genre *Meloidogyne*.

## RÉFÉRENCES

- DROPKIN, V.H. & NELSON, P.E. (1960). The histopathology of root-knot nematode infections in soybeans. *Phytopathology*, 50 : 442-447.
- FRANKLIN, M.T. (1949). A quick method of demonstrating nematodes of the genus *Aphelenchoides* in leaves. *J. Helminth.*, 23 : 91-93.
- GIAMALVA, M.J., MARTIN, W.J. & HERNANDEZ, T.P. (1963). Sweet-potato varietal reaction to species and races of root-knot nematodes. *Phytopathology*, 53 : 1187-1189.
- HAROON, S.A. & SMART, G.C. Jr. (1983). Development of *Meloidogyne incognita* inhibited by *Digitaria decumbens* cv. Pangola. *J. Nematol.*, 15 : 102-105.
- HAYSLIP, N.C., HODGES, E.M., JONES, D.W. & KRETSCHMER, A.E. Jr. (1964). Tomato and pangolagrass rotation for sandy soils of South Florida. *Florida Agr. exp. Sta. Circ.*, 153 : 1-24.

- MARTIN, G.C. & ARMSTRONG, A.M. (1975). Susceptibility of apricot seedlings, pyrethrum and pangolagrass to *Meloidogyne* spp. *Nematol. Soc. Southern Afr. Newsl.*, 7 : 20-21.
- NETSCHER, C. (1975). Studies on the resistance of groundnut to *Meloidogyne* sp. in Senegal. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Biol.*, 10 : 227-232.
- OVERMAN, A.J. (1961). Nematodes associated with pangolagrass pasture. *Proc. Florida State hort. Soc.*, 74 : 201-204.
- PROT, J.C. (1984). A naturally occurring resistance breaking biotype of *Meloidogyne arenaria* on tomato. Reproduction and pathogenicity on tomato cultivars Roma and Rossol. *Revue Nématol.*, 7 : 23-28.
- RIGGS, R.D. & WINSTEAD, N.N. (1959). Studies on resistance in tomato to root-knot nematodes and on the occurrence of pathogenic biotypes. *Phytopathology*, 49 : 716-724.
- SEINHORST, J.W. (1950). De betekenis van de toestand von de grond voor het optreden van aanstating door het stengelaaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Tijdschr. Plziekt.*, 50 : 291-349.
- SEINHORST, J.W. (1962). Modifications of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica*, 8 : 117-128.

*Accepté pour publication le 26 novembre 1984.*