

## INCIDENCE DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* ET DE *M. JAVANICA* SUR LA VÉGÉTATION ET L'APPAREIL SYMBIOTIQUE DE *SESBANIA ROSTRATA*

M. Neyra<sup>1</sup>, R. Duponnois<sup>1</sup>, I. Ndoye<sup>2</sup> et G. Germani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de Recherche pour le Développement (IRD), B.P. 1386, Dakar, Sénégal

<sup>2</sup>Université Cheikh Anta Diop. Département de Biologie Végétale, Dakar, Sénégal

**Résumé.** *Sesbania rostrata*, expérimentalement infesté avec *Meloidogyne incognita* et *M. javanica*, manifeste une certaine tolérance à la première espèce et est fortement affectée par la seconde. L'effet hautement pathogène de *M. javanica* est perceptible tant sur la végétation que sur le système symbiotique aérien et racinaire de l'hôte. Le fait que la nodulation caulinaire soit affectée par le parasite avec la même intensité que la nodulation racinaire permet d'avancer l'hypothèse que *M. javanica* pourrait agir sur les nodules aériens par effet systémique. Compte tenu de l'importance des populations de *M. incognita* présentes dans les racines corrélativement à la modicité des dégâts subis par la plante, on peut admettre que *S. rostrata* est tolérante à *M. incognita*.

**Summary.** Incidence of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on the vegetation and on the symbiotic apparatus of *Sesbania rostrata*. The effect of two root knot nematodes, *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on the growth, on stem and root nodules, and N<sub>2</sub> fixation of *Sesbania rostrata* legume was investigated in greenhouse conditions. *M. javanica* significantly reduced plant growth, stem and root nodulation and N<sub>2</sub> fixation. The high reduction of stem nodulation and N<sub>2</sub> fixation suggests that this decrease is due to a systemic effect. The relative little damage to growth and nodulation in relation to high populations of *M. incognita* suggest that *S. rostrata* is tolerant to this root-knot nematode species.

De nombreuses références font état de l'incidence des nématodes phytoparasites sur la végétation et l'appareil symbiotique des légumineuses (Germani, *et al.*, 1984; Prasad, 1999; Ray et Dalei, 1998). En altérant qualitativement et/ou quantitativement les exsudats racinaires, ces parasites affectent la survie et le maintien des *rhizobia* dans le sol (Bhagwat et Thomas, 1982; Gaworzewska et Carlisle, 1982). Ils interviennent par la suite dans le processus symbiotique complexe établi entre la bactérie et la légumineuse à n'importe quelle étape de la séquence du développement des nodules bactériens (Al-Jalili *et al.*, 1985) jusqu'au parasitisme direct du nodule formé. Sur la formation des nodules, leur incidence est variable suivant le couple plante / parasite en présence. La nodulation du soja est peu affectée par *Belonolaimus longicaudatus*, fortement inhibée par *Heterodera glycines* et par contre stimulée par *Meloidogyne hapla* ou *Pratylenchus penetrans* (Hussey et Barker, 1976). L'inhibition de la nodulation du soja par *H. glycines* ne serait pas due à la réduction de surface des racines infectées, mais résulterait de modifications du métabolisme des lectines de la plante suite à l'infection par le nématode (Hussaini, *et al.*, 1979). Sur les nodules formés, l'effet du parasitisme se traduit, dans les cas extrêmes, par des nécroses qui se produisent sur un nombre variable de nodules suivant l'hôte et l'espèce de nématode (Germani, *et al.*, 1984; Griffin *et al.*, 1986; Hussaini *et al.*, 1979). *Meloidogyne incognita* altère un faible nombre de nodules de certains cultivars de soja et un grand nombre de nodules d'autres cultivars (Al-jalili *et al.*, 1985, Baldwin *et al.*, 1979) alors que *Heterodera*

*glycines* détruit tous les nodules (Ko, 1986).

Dans tous les cas d'attaque parasitaire au niveau des nodules, on observe une activité fixatrice d'azote moindre consécutivement aux dysfonctionnements enzymatiques et/ou protéiniques régissant le processus symbiotique. Ainsi, *M. incognita* peut agir sur le métabolisme du fer (Chahal et Chahal, 1988) et provoquer la réduction du taux de leghaemoglobine dans les nodules et de l'activité nitrogénasique proportionnellement au nombre de parasites présents (Chahal et Sing, 1984; Mohanty *et al.*, 1997).

L'objet du présent travail était d'évaluer la pathogénie comparée de *Meloidogyne javanica* et de *M. incognita* sur la végétation et le système symbiotique de *Sesbania rostrata* Brem., légumineuse qui a la caractéristique de développer simultanément une nodulation racinaire et caulinaire. Cette particularité permettait, en outre, de vérifier si l'infestation du système racinaire par ces deux espèces de nématodes pouvait influencer, par action systémique, le développement de la nodulation caulinaire.

### MATÉRIELS ET MÉTHODES

Sur du sol sableux stérilisé pendant deux heures à l'autoclave à 120° C contenu dans des cylindres en PVC d'une capacité de 300 cm<sup>3</sup>, des graines de *Sesbania rostrata*, ont été semées, à raison d'une graine par cylindre, à J = 0. Le sol de la totalité des cylindres, numérotés de 1 à 240, a été ensemencé à J + 21, avec 10 ml d'une suspension bactérienne de la souche ORS 51 de *Sinorhizo-*

*bium terengae* biovar *acaciae* (de Lajudie *et al.*, 1994), en phase exponentielle de croissance ( $10^9$  bactéries par ml). Cette même souche, isolée au Sénégal des racines de *S. rostrata* (Ndoye, 1990), a été pulvérisée en deux applications sur les tiges de jeunes plantules à J + 33 et J + 36.

Trois lots de 80 plantules chacun ont été différenciés à J + 34. L'un des lots a été inoculé avec *M. incognita* (Kofoid et White, 1919) Chitwood, 1949 à raison de 1000 juvéniles de deuxième stade par plantule ; un autre lot a reçu 1000 juvéniles de deuxième stade de *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 ; le troisième lot, non inoculé, représentait le traitement témoin. On a procédé à cette même date à la randomisation des 240 plantules.

Les nématodes inoculés provenaient d'élevages maintenus en serre sur tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Roma ; ils ont été extraits de racines par aspersion pendant une semaine suivant la technique de Seinhorst, 1950.

Pour chaque traitement cinq séries de mesures ont été effectuées à une semaine d'intervalle, la première se situant à J + 48 et la dernière à J + 76. Chaque mesure élémentaire, répétée quatre fois, a porté sur quatre plantules, soit 16 plantules par traitement et par série.

Ces mesures ont intéressé le dénombrement des nématodes, les paramètres de la croissance (hauteur, poids frais des parties aériennes et des racines) et les paramètres du système symbiotique aérien et souterrain (nombre et poids frais des nodules) ainsi que l'activité fixatrice d'azote des nodules.

Le dénombrement des nématodes, effectué partir du 28<sup>ème</sup> jour après l'infestation des racines, est exprimé en nombre de juvéniles de deuxième stade extraits par gramme de racines fraîches après 15 jours d'aspersion (Seinhorst, 1950). La hauteur est exprimée en centimètres. Les poids frais des parties aériennes, des racines et des nodules aériens et souterrains sont exprimés en grammes. L'activité fixatrice d'azote des nodules a été estimée au moyen de l'Activité Réductrice de l'Acétylène (ARA) qui traduit l'activité potentielle de la nitrogénase (Hardy *et al.*, 1968). Elle est exprimée par le nombre de micro-moles d'acétylène réduites en éthylène par heure ( $N_2H_2h^{-1}$ ) pour quatre plantules.

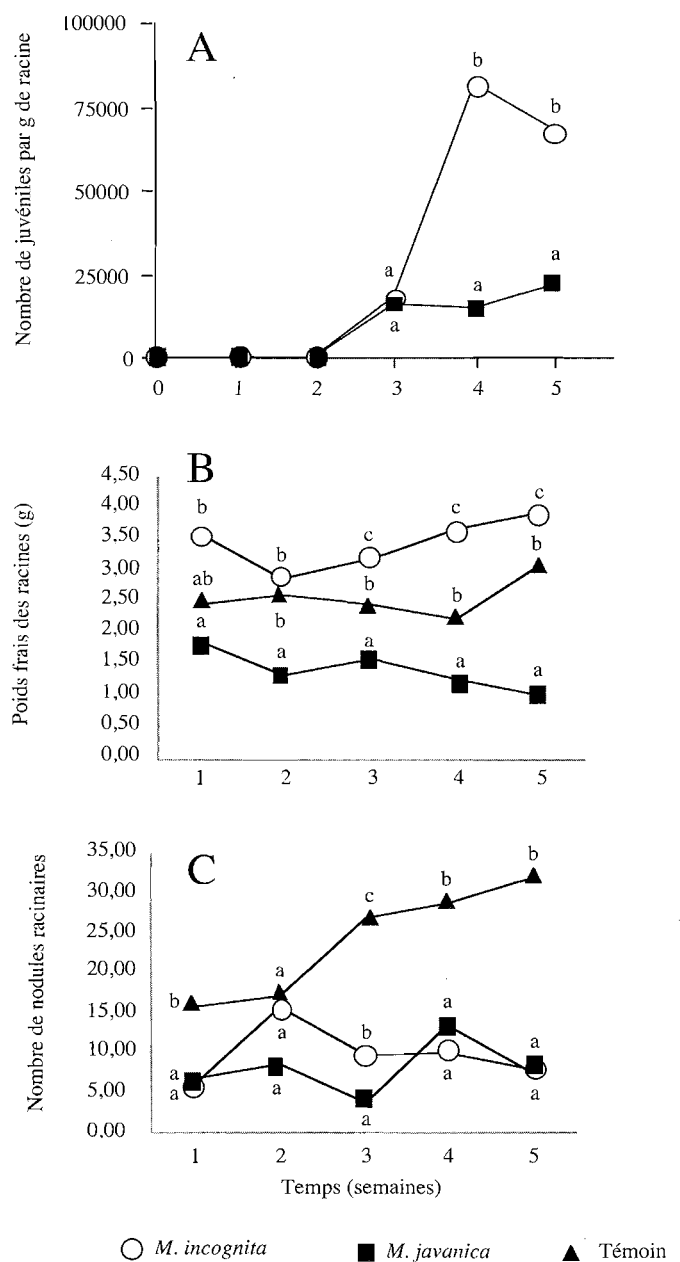
Pour la comparaison statistique, entre les traitements, l'ensemble des données obtenues a été soumis à l'analyse de variance à un facteur contrôlé à l'aide du logiciel Super Anova au seuil de 5%.

## RÉSULTATS

Les observations visuelles ainsi que les mesures des paramètres de croissance et de fixation symbiotique de l'azote indiquent que *M. incognita* a une faible incidence sur la végétation de la plante alors que *M. javanica* affecte gravement aussi bien la végétation que le système symbiotique de l'hôte. Une semaine après l'inoculation des nématodes, l'appareil végétatif aérien des plantes in-

festées présente un faciès chétif et maladif s'exprimant par un feuillage chlorotique persistant pendant toute la durée de l'expérimentation. Les symptômes de chlorose sont de faible intensité sur les plantes parasitées par *M. incognita* et très intenses sur les plantes parasitées par *M. javanica* qui, en plus, accusent une importante défoliation s'aggravant au cours de l'expérimentation.

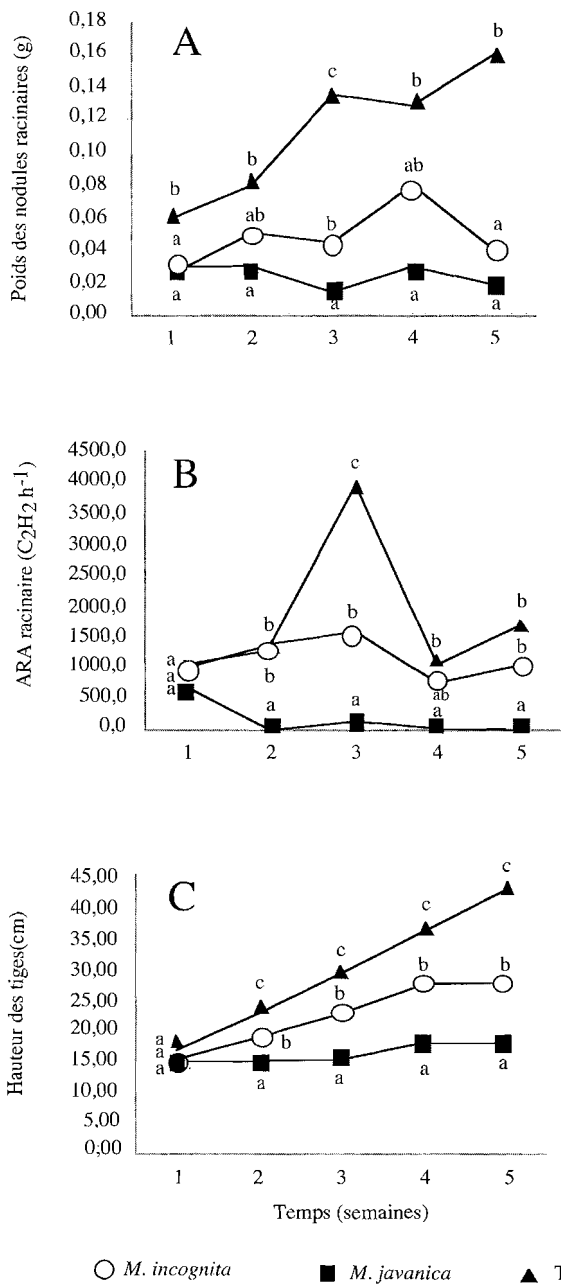
Les nombres de nématodes extraits des racines infestées montrent une forte croissance des densités de *M. incognita* qui atteignent, quatre semaines après l'inoculation, une valeur pallier d'environ 160.000 individus par plant. La multiplication de *M. javanica*, est significativement moins forte, ne dépassant pas 70.000 individus par plant, et elle est suivie d'une forte baisse à cette même période de l'expérimentation (Fig. 1A).



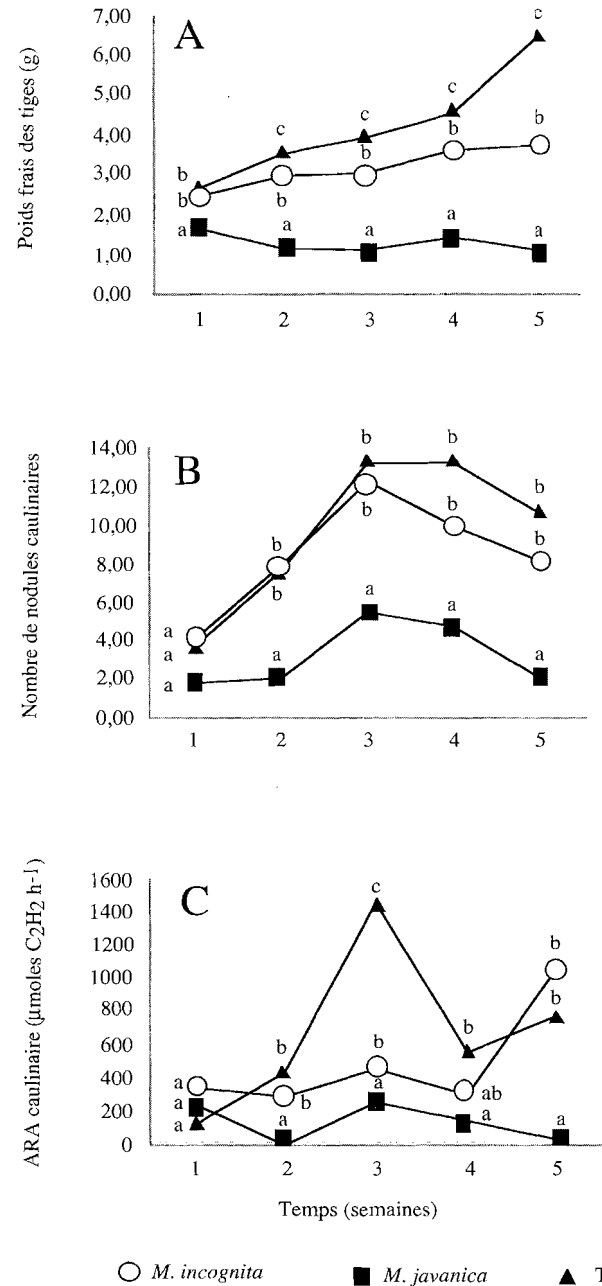
**Fig. 1.** Evolution des densités de *Meloidogyne incognita* et de *Meloidogyne javanica* (A) et conséquences sur la croissance (B) et la nodulation racinaire (C).

Les racines des plantes non infestées par le nématode ne présentent pas d'évolution notable (Fig. 1B). Le système racinaire des plantes parasitées par *M. incognita* développe de nombreuses racines collatérales, tronquées. Il comporte de nombreuses galles turgescentes et affiche, de ce fait, un poids significativement plus élevé que celui des plantes témoins (Fig. 1B). La précocité et la gravité des attaques par *M. javanica* conduisent à un système racinaire peu développé, frêle, qui évolue négativement au cours de l'expérimentation. Ces racines montrent un poids significativement moins élevé que celui des plantes témoins et des plantes parasitées par *M. incognita* ainsi qu'un faible nombre de galles (Fig. 1B).

La nodulation racinaire des plantes témoins a un accroissement à peu près linéaire et diffère significativement de celle des plantes infestées, par le nombre (Fig. 1C) et le poids des nodules (Fig. 2A). Cette différence retentit sur l'activité fixatrice (ARA) qui, conformément à ce que l'on observe dans les conditions naturelles, est maximale à la troisième semaine suivie par une chute (Fig. 2B). Finalement, l'effet parasitaire sur l'activité fixatrice se matérialise chez les plantes parasitées par *M. incognita*, par un écrasement du pic d'activité de la troisième semaine et par une activité nulle chez les plantes parasitées par *M. javanica* (Fig. 2B). L'accroissement en hauteur (Fig. 2 C) et en poids (Fig. 3A) des parties aériennes des plantes témoins est linéaire et statistique-



**Fig. 2.** Effet de *M. javanica* et de *M. incognita* sur le poids (A) et l'activité nitrogénasique (ARA) (B) des nodules racinaires et l'accroissement en hauteur des parties aériennes (C)



**Fig. 3.** Effet de *M. javanica* et de *M. incognita* sur le poids des parties aériennes (A), le nombre des nodules caulinaires (B) et l'activité nitrogénasique (ARA) des nodules caulinaires (C).

ment différent des autres catégories de plantes. Il est nul chez les plantes infestées par *M. javanica* et intermédiaire chez les plantes infestées par *M. incognita*.

Le nombre de nodules caulinaires des plantes parasitées par *M. javanica* est toujours significativement moins élevé que celui des plantes parasitées par *M. incognita* ou celui des plantes témoins (Fig. 3B). Les différences dans l'activité fixatrice des nodules des parties aériennes sont identiques à celles observées pour les nodules des racines (Fig. 3C).

## DISCUSSION ET CONCLUSION

*S. rostrata* réagit de façon variable au parasitisme de *M. javanica* et *M. incognita* ; la plante est fortement affectée par la première espèce et manifeste une certaine tolérance à la seconde. La différence de comportement de *S. rostrata* vis à vis de *M. javanica* et *M. incognita* se mesure d'une part par la cinétique des densités des populations de nématodes et d'autre part par l'impact de ces derniers sur la végétation et la nodulation.

Les densités des populations des deux espèces de nématodes de première génération, du fait qu'elles sont issues de l'inoculum initial, sont comparables. Elles diffèrent significativement par la suite avec un important accroissement des densités des populations de *M. incognita* suivi d'un pallier et un accroissement plus modéré des densités des populations de *M. javanica* suivi d'une forte baisse.

Le parasitisme de *M. incognita* provoque une rhizogénèse aberrante qui se manifeste par le développement excessif des racines ce qui, selon Christie (1959), pourrait indiquer une mauvaise qualité d'hôte de la plante. La faible incidence parasitaire de *M. incognita* sur la végétation, la nodulation et de la fixation de l'azote symbiotique, eu égard à l'importance des populations de nématodes présentes dans les racines, permet d'avancer, l'hypothèse que *S. rostrata* est une plante tolérante à ce parasite.

La précocité de l'attaque de *M. javanica* est à l'origine de la forte et irréversible réduction du système racinaire qui ne permet pas, par la suite, un développement parasitaire normal. Il s'agit là du même phénomène d'adaptation parasitaire en réponse au stress de l'hôte que décrit Bird (1971) sur cette même espèce. La pression parasitaire exercée par *M. javanica* sur *S. rostrata* est comparable à celle que ce même parasite exerce sur une autre espèce de *Sesbania*, *S. sesban* (Desaeger et Rao, 2000). Elle se manifeste de façon précoce par la défoliation des jeunes plantules et par la régression du développement racinaire. Elle handicape drastiquement tous les paramètres de croissance, du système symbiotique aérien et souterrain et retentit, par-là même, sur l'activité fixatrice racinaire et caulinaire. Le fait que ce parasite affecte avec la même intensité le système symbiotique souterrain et aérien laisse supposer qu'il pourrait s'agir ici du même phénomène qui se produit dans

les expériences réalisées sur soja avec *H. glycines* (Ko *et al.*, 1984). L'inoculation de parasites à la moitié du système racinaire (split - root system) de soja provoque la suppression de la nodulation non seulement sur la moitié du système racinaire infesté mais, par effet systémique, également sur la moitié qui n'avait pas été infestée (Ko *et al.*, 1984).

## LITTÉRATURE CITÉE

- Al-jalili A., S. Sapra V.T. et Pacoumba R.P., 1985 - Resistance of selected soybean lines to cyst nematode, race 3 and 5. *Phytopathology*, 75 : 1136.
- Baldwin J.G., Barker K.R. et Nelson L.A., 1979 - Effects of *Meloidogyne incognita* on nitrogen fixation in soybean. *Journal of Nematology*, 11: 156-161.
- Bhagwat A.A. et Thomas J., 1982 - Legume - *Rhizobium* interactions: Cowpea root exudate elicits faster nodulation response by *Rhizobium* species. *Applied and Environmental Microbiology*, 43: 800-805.
- Bird A.F., 1971 - Specialized Adaptation of Nematodes to Parasitism. Pp. 35-49. In: Plant Parasitic Nematodes. Vol. 2 (B.M. Zuckerman, W.F. Mai and R.A. Rhode, Eds), Academic Press, New York and London.
- Chahal P.P.K. et Sing I., 1984 - Effect of population density of *Meloidogyne incognita* on pea in association with *Rhizobium leguminosarum*. *Journal of Research, Punjab Agricultural University*, 21: 311-315.
- Chahal P.P.K. et Chahal V.P.S., 1988 - Interaction of *Rhizobium* and *Meloidogyne incognita* on symbiotic nitrogen fixation in mungbean under different concentration of iron. *Journal of Plant Nutrition*, 11: 821-828.
- Christie J.R., 1959 - *Plant Nematodes. Their Bionomics and Control*. Agricultural Experiment Station, University of Florida, Gainesville, Florida. 256 pp.
- Desaeger J. et Rao M.R., 2000 - Infection and damage of *Meloidogyne javanica* on *Sesbania sesban* in different soil types. *Nematology*, 2: 169-178.
- Gaworzewska E.T. et Carlisle M.J., 1982 - Positive chemotaxis of *Rhizobium leguminosarum* and other bacteria towards exudate from legumes and other plants. *Journal of General Microbiology*, 128: 1178-1188.
- Germani G., Mugnier J. et Dommergues, Y., 1984 - Influence of pathogenic nematodes on nodulation and seed yield of soybean in Senegal. *Revue de Nématologie*, 7: 335-340.
- Griffin G.D., Inserra R.N., Vovlas N. et Sisson D.V., 1986 - Differential reaction of alfalfa cultivars to *Meloidogyne hapla* and *M. chitwoodi* populations. *Journal of Nematology*, 18: 347-352.
- Hardy R.W.F., Holsten R.D., Jackson E.K. et Burns R.C., 1968 - The acetylene-ethylene assay for N<sub>2</sub> fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiology*, 43: 1185-1207.
- Hussaini B.M., Patil R.B. et Reddy D.D.R., 1979 - Effect of *Meloidogyne javanica* on nodulation and symbiotic nitrogen fixation in mung. *Indian Journal of Nematology*, 6: 124-130.

- Hussey R.S. et Barker K.R., 1976 - Influence of nematodes and light sources on growth and nodulation of soybean. *Journal of Nematology*, 8: 48-52.
- Ko M.P., 1986 - Responses of soybean nodulation to root-infection by *Heterodera glycine*. Ph. D. thesis. North Carolina State University, Raleigh. 118 pp.
- Ko M.P., Barker K.R. et Huang, J.S., 1984 - Nodulation of soybeans as affected by half-root infection with *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology*, 16: 97-105.
- de Lajudie P., Willems A., Pot B., Dewettinck D., Maestrojuan G., Neyra M., Collins M.D., Dreyfus B.L., Kersters K., Gillis M., 1994 - Polyphasic taxonomy of rhizobia: Emendation of the genus *Sinorhizobium* and description of *Sinorhizobium meliloti* comb. nov., *Sinorhizobium sabeli* sp. nov. and *Sinorhizobium teranga* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 44: 715-733.
- Mohanty K.C., Mohanty P.K. et Praddhan T., 1997 - Effect of *Meloidogyne incognita* on root biochemistry and functioning of nodules in green gram. *Indian Journal of Nematology*, 27 :1-5.
- Ndoye I., 1990 - Contribution à l'étude de la symbiose entre *Azorhizobium*, *Rhizobium* et *Sesbania rostrata*. Thèse de doctorat d'Université des Sciences et Techniques de Lille, France. 170 pp.
- Prasad D., 1999 - Assessment of avoidable yield loss due to phytonematodes in soybean. *Annals of Plant Protection Sciences*, 7: 250-251.
- Ray S. et Dalei B.K., 1998 - VAM for root knot nematode management and increased productivity of grain legumes in Orissa. *Indian Journal of Nematology*, 28: 41-47.
- Seinhorst J.W., 1950 - De betekennis van de toestand van de grond voor het optreden aantasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Tijdschrift over Plantenziekten*, 56: 289-348.