

¹ Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Ciencias del Agro y del Mar,
Programa de Ingeniería Agronómica, Coro, Venezuela

² Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Zoología Agrícola,
Apdo. 4579, Maracay, Venezuela. E-mail: rencro@telcel.net.ve.

³ Istituto di Nematologia Agraria, C.N.R. - 70126 Bari, Italia

EFECTO DEL NEMATODO AGALLADOR *MELOIDOGYNE INCOGNITA* SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA LECHOSA (*CARICA PAPAYA*) EN VIVERO

por

YELITZA Y. BUSTILLO C.¹, R. CROZZOLI², N. GRECO³ y F. LAMBERTI³

Resumen. Para evaluar el efecto de *Meloidogyne incognita* raza 1 sobre el crecimiento de la lechosa (*Carica papaya*) tipo Paraguanera, se realizó una prueba en maceteros plásticos de 2 l de capacidad bajo condiciones de umbráculo. Plantas de 15 días de edad fueron inoculadas con niveles de población crecientes [0; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 y 128 huevos y juveniles de segundo estadio (J2)/cm³ de suelo] del nematodo y evaluadas 90 días después. Los resultados demostraron que la lechosa "Paraguanera" es poco afectada por *M. incognita*. Los datos fueron introducidos en las ecuaciones de Seinhorst y los límites de tolerancia (*T*) se estimaron en 0,16 huevos+J2/cm³ de suelo para peso aéreo seco y peso aéreo fresco y en 0,25 huevos+J2/cm³ de suelo para diámetro del tallo y altura de las plantas. El rendimiento mínimo relativo (*m*) fue de 0,775 para peso aéreo seco y peso aéreo fresco a $P_i \geq 16$ huevos+J2/cm³ de suelo y de 0,82 para diámetro del tallo y altura de las plantas a $P_i \geq 32$ huevos+J2/cm³ de suelo. La población de *M. incognita* se incrementó hasta $P_i = 16$ huevos+J2/cm³ de suelo; a poblaciones mayores se observó una disminución de dicha población. La máxima reproducción del nematodo fue de 11,6 veces (con $P_i = 0,125$ huevos+J2/cm³ de suelo) y la densidad de equilibrio fue estimada en 29 huevos+J2/cm³ de suelo. Las modificaciones anatómicas observadas en las agallas de las raíces de lechosa son similares a las que induce este nematodo agallador en otros huéspedes, con 2-4 células gigantes en el cilindro central cerca de la cabeza de cada hembra. Las masas de huevos se observaron en el interior de las agallas y alrededor de éstas, y de las hembras, se apreciaron necrosis.

Summary. *Effect of the root-knot nematode Meloidogyne incognita on the growth of papaya (Carica papaya) in nurseries.* A screenhouse experiment was conducted in 2 l plastic pots to evaluate the effect of increasing population densities of *Meloidogyne incognita* race 1 [0, 0.125, 0.25, 0.5 ... 128 second stage juveniles (J2) and eggs/cm³ soil] on the growth of 15 day old seedlings of papaya, Paraguaná type. After 90 days the plants were slightly affected by the nematode. The data fitted Seinhorst's equation and tolerance limits (*T*) of 0.16 eggs+J2/cm³ soil for top dry weight and top fresh weight and 0.25 eggs+J2/cm³ soil for stem diameter and height increase were assessed. The minimum relative yields (*m*) were 0.775 for top dry weight and top fresh weight and 0.82 for stem diameter and height increase and occurred at $P_i \geq 16$ and 32 eggs+J2/cm³ soil, respectively. *M. incognita* populations increased in infested soil with up to 16 eggs+J2/cm³ soil while a decline occurred at larger initial population densities. The maximum reproduction rate of the nematode was 11.6 (at $P_i = 0.125$ eggs+J2/cm³ soil) and an equilibrium density of 29 eggs+J2/cm³ soil was estimated. Anatomical modifications observed in galled roots were similar to those induced by this root-knot nematode in other hosts; they consisted of 2-4 giant cells within the central cylinder, surrounding the anterior extremity of each nematode female. Egg masses were embedded within the galls. Necrosis was observed around the female and the egg masses.

La lechosa (*Carica papaya*) es afectada por muchas plagas y enfermedades y dentro de estas últimas, son relevantes los daños causados por nematodos fitoparasíticos. *Meloidogyne* spp. y *Rotylenchulus* spp. son considerados como los más importantes, tanto por el daño que causan como por su amplia distribución (Inserra y Cartia, 1976; Lamberti *et al.*, 1980 y 1993; McSorley, 1983 y 1992; Cohn y Duncan, 1990). Especies de *Meloidogyne* son capaces de causar pudriciones en las raíces, lo cual acorta la vida útil de las plantas y reduce drásticamente su rendimiento (Cohn y Duncan, 1990). Los daños más graves ocurren en plantas pequeñas y/o recién trasplantadas (McSorley, 1983). De las especies de *Meloidogyne*, *M. incognita* es la más común en el cultivo y es capaz de reducir el rendimiento y el crecimiento de la planta en 35 y 36,5%, respectivamente, alterando también su fisiología (Ramakrishnan y Rajendran, 1998a; 1998b; 1999a) y la necesidad de su control ha sido comprobada (Ramakrishnan y Rajendran, 1999b).

En Venezuela, los nematodos más importantes señalados en asociación con lechosa son *Meloidogyne* spp. y *Rotylenchulus reniformis* (Petit, 1990). En la Península de Paraguaná, estado Falcón, es particularmente frecuente *M. incognita* y no existe información sobre el efecto de este nematodo en el crecimiento de plantas de lechosa. Se realizó, por lo tanto, un ensayo con el fin de: i) relacionar distintos niveles poblacionales de *M. incognita* con el crecimiento de lechosa tipo Paraguanera, ii) determinar el límite de tolerancia al nematodo, III) estudiar la dinámica del nematodo y iv) estudiar los cambios histológicos que ocurren en las raíces en el lugar de alimentación del nematodo.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó bajo condiciones de umbráculo en Maracay, con una temperatura promedio de 26 °C. Se estudió la respuesta de

plantas de lechosa tipo Paraguanera (*C. papaya* L.), al parasitismo de *M. incognita* (Kofoid *et* White) Chitw. raza 1 (Taylor y Sasser, 1978). La población del nematodo se multiplicó en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv Rutgers, cuyas plantas se inocularon 15 días después del trasplante, permaneciendo bajo condiciones de umbráculo durante tres meses.

Las semillas de lechosa se sembraron en maceteros plásticos que contenían 2000 cm³ de suelo franco arenoso (57,6% arena, 30,2% limo y 12,2% arcilla) tratado por solarización durante 15 d. Para la inoculación, 10 d después de la germinación de las semillas, las raíces de las plantas de tomate infectadas con el nematodo se lavaron, cortaron en secciones de aproximadamente 0,5 cm y se trituraron por 2 min en licuadora a velocidad baja. La suspensión se pasó a través de los tamices N° 60 (250 µm), N° 100 (150 µm) y N° 500 (28 µm) con la finalidad de retener en el último, huevos y juveniles de segundo estadio (J2). La inoculación se realizó con una suspensión de huevos+J2 en contacto directo con las raíces de las plantas, en cuatro orificios realizados en el suelo alrededor del tallo, hasta una profundidad de 2 cm. Los niveles de inóculo utilizados fueron: 0; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 y 128 huevos+J2 del nematodo/cm³ de suelo. Cada tratamiento se repitió ocho veces y los maceteros fueron colocados, de forma aleatoria, sobre mesas. Las plantas se regaron periódicamente con la finalidad de mantener una humedad adecuada para el crecimiento de las mismas y se realizaron aplicaciones quincenales del fertilizante Nitrofoska (3 ml/l de agua) al suelo.

Tres meses más tarde se evaluó: incremento de altura, peso aéreo fresco y seco de las plantas y diámetro del tallo a 5 cm de la base. Se determinó también la población final del nematodo, tanto en el suelo como en las raíces de las plantas. Para ello los nematodos se extrajeron de 100 cm³ de suelo provenientes de los envases individuales, los cuales fueron procesados en el aparato de Oostenbrink (s'Jacob y van

Bezooijen, 1971) y su limpieza se realizó con el filtro de algodón modificado (Crozzoli y Rivas, 1987). La extracción de los nematodos en las raíces se realizó de la misma forma descrita para la preparación del inóculo, con la diferencia de que se trituró el total de las raíces de cada planta. Luego, se determinó la tasa de reproducción del nematodo que viene dada por la relación Población final/Población inicial (Pf/Pi).

Para estudiar el comportamiento de la lechosa con relación a los diferentes niveles de inóculo del nematodo, los datos de las evaluaciones agronómicas y las poblaciones iniciales fueron analizados utilizando la primera ecuación de Seinhorst (1965; 1986):

$$y = m + (1 - m)z^{Pi - T} \quad (A)$$

donde y es la producción relativa ($y = 1$ para $Pi < T$); m es la producción mínima relativa y corresponde al valor de y cuando las poblaciones del nematodo son muy elevadas; Pi es la población del nematodo a la siembra expresada en huevos o ejemplares/cm³ de suelo; T es el límite de tolerancia o población máxima que soporta una planta sin que su rendimiento o variable agronómica evaluada sean reducidos; z es una constante menor a 1, generalmente z^{-T} es medianamente igual a 1,05.

Para comparar la variación poblacional del nematodo, los valores de las poblaciones que se inocularon a la siembra (Pi) y las correspondientes que se determinaron al final del ensayo (Pf) fueron introducidas en la segunda ecuación de Seinhorst (1970; 1986):

$$Pf = axy(1 - q^{Pi}) / -e \log q + (1 - x)Pi + sx(1 - y)Pi \quad (B)$$

donde a es la tasa de reproducción máxima; x es la proporción de nematodos que pueden afectar a la planta (estado infectivo y huevos que pueden eclosionar y es, como máximo igual a uno); y es la cantidad relativa de alimento disponible para los nematodos al nivel po-

blacional Pi (generalmente es igual a y de la primera ecuación); s es la proporción de J2 y huevos no influenciados por las plantas, que se comportan como en ausencia de huéspedes. En esta ecuación $axy(1 - q^{Pi}) / -e \log q$ representa la cantidad de nematodos provenientes de verdadera reproducción, mientras que la cantidad $(1 - x)Pi + sx(1 - y)Pi$ es una proporción de los nematodos inoculados a la siembra (Pi) que no han sido afectados por el huésped y que pueden permanecer en el suelo hasta el final del ciclo del cultivo.

Para el estudio histopatológico, raíces de cuatro plantas inoculadas paralelamente al ensayo con 8 huevos + J2/cm³ de suelo, 45 d después de la inoculación fueron fijadas en formol al 4%, posteriormente se deshidrataron en soluciones de concentración creciente de alcohol terbutílico (50-70-100%), se embebieron en parafina y se cortaron transversalmente con microtomo de rotación en secciones de 12 µm. Los cortes seleccionados fueron teñidos con safranina y verde rápido, montados en bálsamo de Canadá y examinados con un microscopio compuesto (Johansen, 1940).

Resultados y discusión

La acción del nematodo afectó negativamente todas las variables agronómicas evaluadas apreciándose, sobre todo, en las plantas inoculadas con las mayores poblaciones del nematodo (>16 huevos + J2/cm³ de suelo), reducciones de crecimiento. En el sistema radical se observaron agallas, particularmente abundantes a partir de poblaciones iniciales >8 huevos + J2/cm³ de suelo.

La interpolación de los datos con la primera ecuación de Seinhorst (A), demuestra claramente que están bien representados por dicha ecuación, lo cual permite determinar con precisión el límite de tolerancia (T) al nematodo y la pérdida máxima de la variable medida (m) y permite establecer, de manera adecuada, la rela-

ción entre las poblaciones iniciales del nematodo en el suelo y los parámetros agronómicos considerados.

El límite de tolerancia ha sido estimado en 0,16 huevos+J2/cm³ de suelo para peso aéreo seco y peso aéreo fresco y en 0,25 huevos+J2/cm³ de suelo para incremento de altura y diámetro de las plantas. El rendimiento mínimo relativo fue de 0,775 para peso aéreo seco y peso aéreo fresco y de 0,82 para incremento de altura y diámetro de las plantas, obteniéndose con poblaciones >32 huevos+J2/cm³ de suelo para ambos pesos y >16 huevos+J2/cm³ de suelo para las otras dos variables (Figs. 1 y 2).

El estudio demostró que el límite de tolerancia de las plantas de lechosa a *M. incognita* no es el mismo para todas las variables agronómicas, observándose también leves variaciones en

la producción mínima relativa. Según los resultados obtenidos el peso de las plantas, tanto fresco como seco, es más afectado por la acción del nematodo que el diámetro del tallo y el incremento de altura de la planta. Asimismo el límite de tolerancia es menor en las dos primeras variables.

Los límites de tolerancia, estimados en esta oportunidad, son menores a los señalados por Ramakrishnan y Rajendran (1998a) para el mismo nematodo y algunas variables agronómicas medidas en plantas en crecimiento (1 J2/cm³ de suelo). Sin embargo, cabe destacar que estos autores no utilizaron un rango amplio de poblaciones iniciales en sus estudios, lo cual probablemente influyó en los resultados.

Al comparar el comportamiento de otras especies de plantas en crecimiento frente a otra

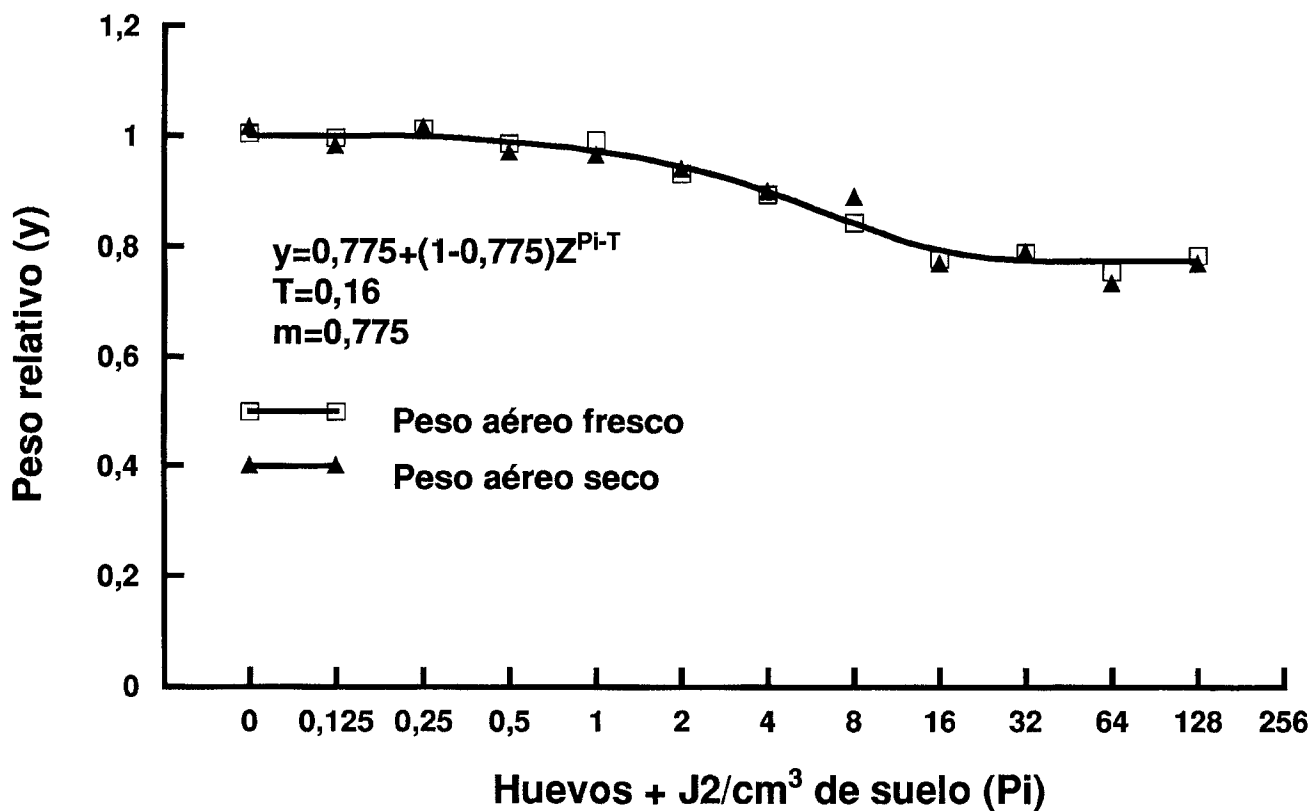


Fig. 1 - Relación entre la población inicial (P_i) de *Meloidogyne incognita* y el peso aéreo fresco y seco relativos (y) de lechosa tipo Paraguana.

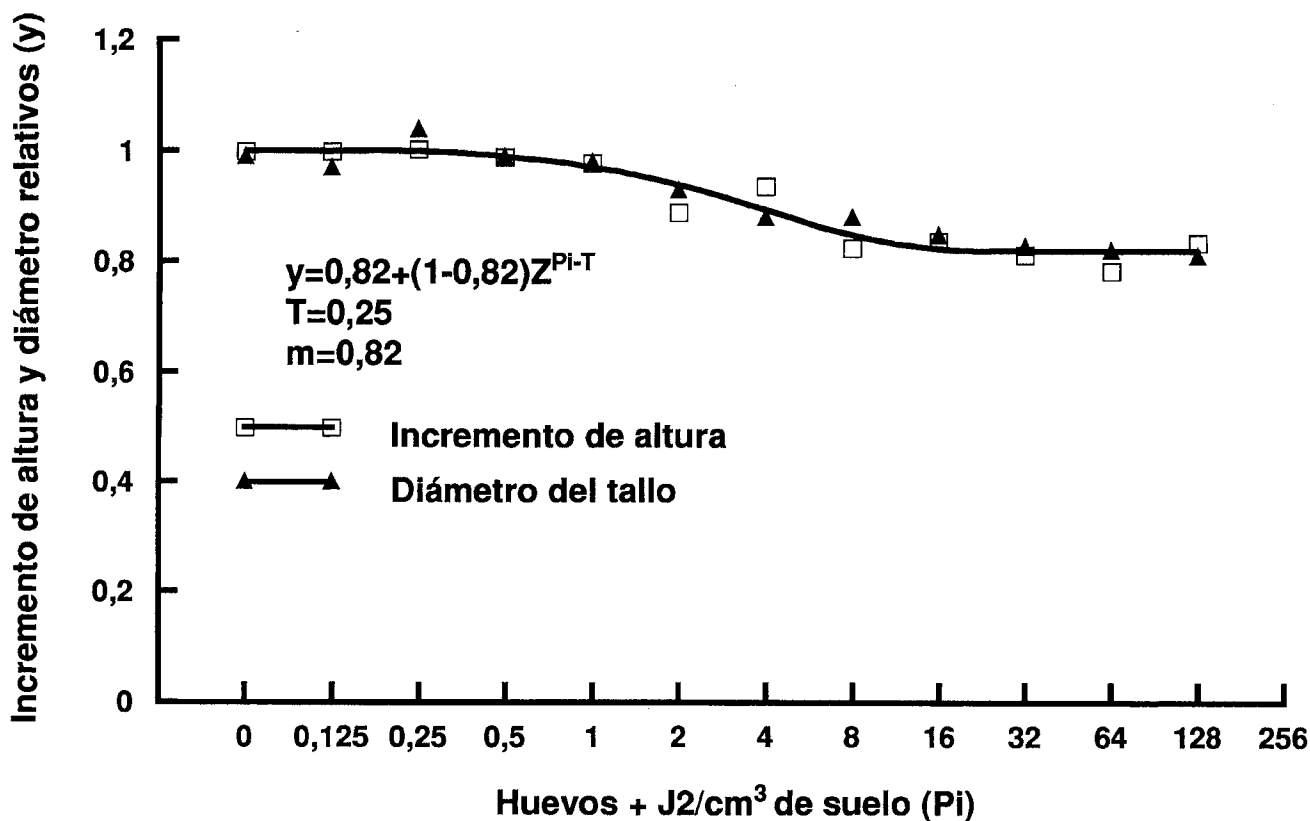


Fig. 2 - Relación entre la población inicial (P_i) de *M. incognita* y el diámetro del tallo y el incremento de altura relativos (y) de lechosa tipo Paraganera.

población Venezolana de este mismo nematodo, podemos observar que el nivel de tolerancia de la lechosa tipo Paraganera, es similar al determinado en guayabo (*Psidium guajava*) y menor respecto a *Psidium friedrichsthalianum* (Casassa *et al.*, 1998).

Al contrario, el valor de producción mínima para la lechosa resulta ser mayor ($m=0,8$) respecto a otros cultivos de ciclo corto muy susceptibles al nematodo [$m=0,28-0,70$ para caraota (Crozzoli *et al.*, 1987)], un poco mayor al encontrado con la misma población del nematodo en guayaba (0,71) susceptible y menor al de *P. friedrichsthalianum* (0,85) considerada resistente. Esto indicaría que la lechosa Paraganera es poco susceptible a *M. incognita*.

La relación entre las poblaciones iniciales (P_i) y finales (P_f) de *M. incognita* está adecua-

damente representada por la segunda ecuación de Seinhorst (B). La tendencia de la curva (Fig. 3) indica claramente que de la población del nematodo inoculada (P_i) no sobrevivió ningún ejemplar y, por lo tanto, *Pf* puede considerarse derivada de una verdadera reproducción del nematodo. La tasa máxima de reproducción fue de 11,6 alcanzada con $P_i=0,125$ huevos+J2/cm³ de suelo, mientras que la densidad de equilibrio y la población máxima que las plantas pueden soportar es de 29 huevos+J2/cm³ de suelo (Fig. 3). La máxima tasa de reproducción es menor a la que pueden alcanzar otras poblaciones venezolanas de *M. incognita* en guayabo (192) o caraota (*Phaseolus vulgaris*) (16-36) y mayor a la que alcanza en frijol (*Vigna unguiculata* Walp.) var Ojito Negro (1,6) (Crozzoli *et al.*, 1997; Casassa *et al.*, 1998; Crozzoli *et al.*, 1999). A po-

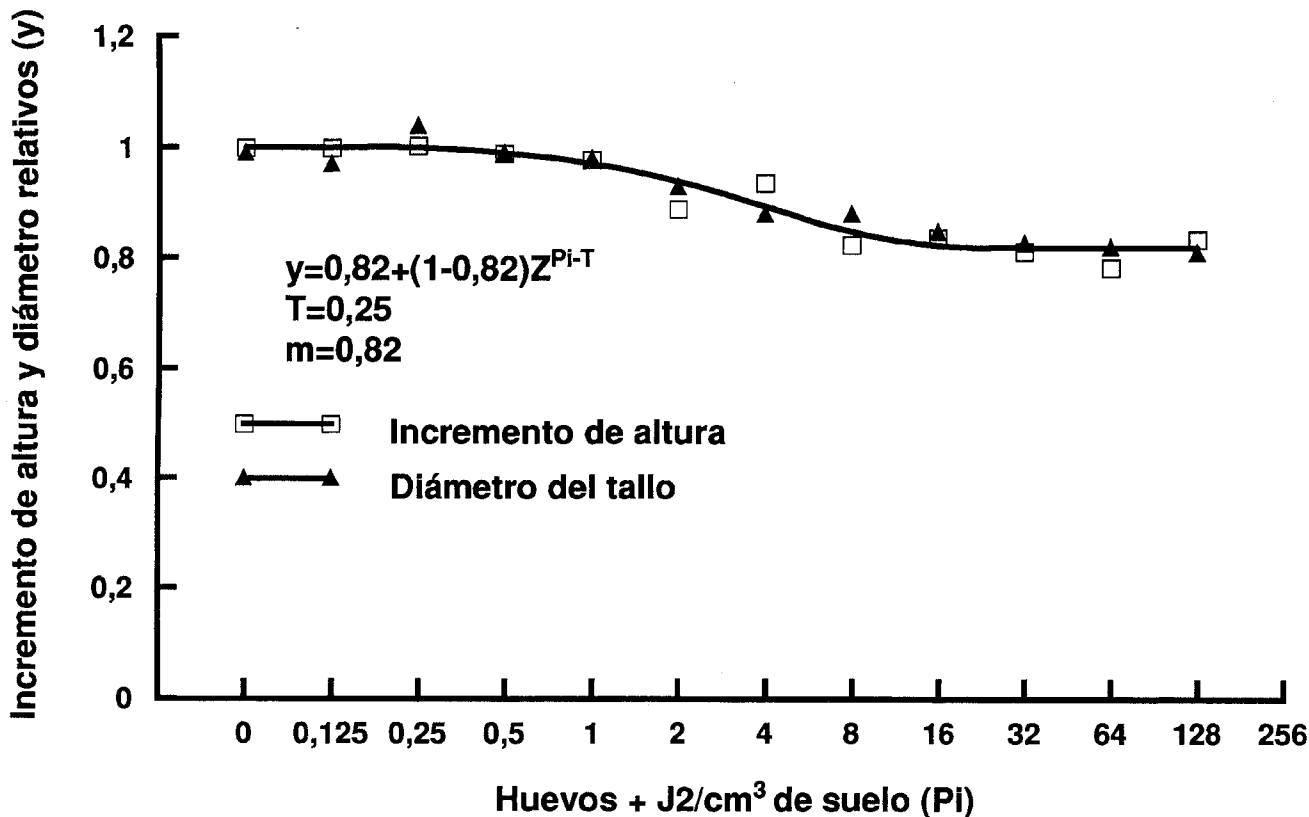


Fig. 2 - Relación entre la población inicial (P_i) de *M. incognita* y el diámetro del tallo y el incremento de altura relativos (y) de lechosa tipo Paraguanera.

población Venezolana de este mismo nematodo, podemos observar que el nivel de tolerancia de la lechosa tipo Paraguanera, es similar al determinado en guayabo (*Psidium guajava*) y menor respecto a *Psidium friedrichsthalianum* (Casassa *et al.*, 1998).

Al contrario, el valor de producción mínima para la lechosa resulta ser mayor ($m=0,8$) respecto a otros cultivos de ciclo corto muy susceptibles al nematodo [$m=0,28-0,70$ para caraota (Crozzoli *et al.*, 1987)], un poco mayor al encontrado con la misma población del nematodo en guayaba (0,71) susceptible y menor al de *P. friedrichsthalianum* (0,85) considerada resistente. Esto indicaría que la lechosa Paraguanera es poco susceptible a *M. incognita*.

La relación entre las poblaciones iniciales (P_i) y finales (P_f) de *M. incognita* está adecua-

damente representada por la segunda ecuación de Seinhorst (B). La tendencia de la curva (Fig. 3) indica claramente que de la población del nematodo inoculada (P_i) no sobrevivió ningún ejemplar y, por lo tanto, *Pf* puede considerarse derivada de una verdadera reproducción del nematodo. La tasa máxima de reproducción fue de 11,6 alcanzada con $P_i=0,125$ huevos+J2/cm³ de suelo, mientras que la densidad de equilibrio y la población máxima que las plantas pueden soportar es de 29 huevos+J2/cm³ de suelo (Fig. 3). La máxima tasa de reproducción es menor a la que pueden alcanzar otras poblaciones venezolanas de *M. incognita* en guayabo (192) o caraota (*Phaseolus vulgaris*) (16-36) y mayor a la que alcanza en frijol (*Vigna unguiculata* Walp.) var Ojito Negro (1,6) (Crozzoli *et al.*, 1997; Casassa *et al.*, 1998; Crozzoli *et al.*, 1999). A po-

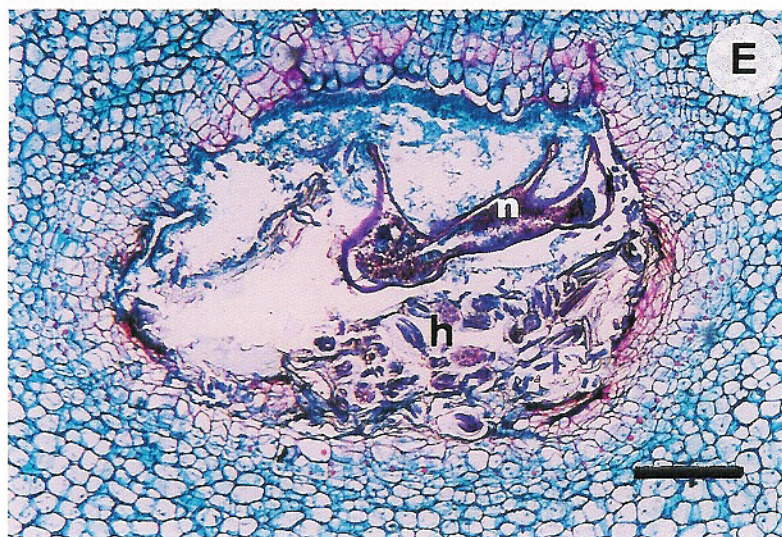
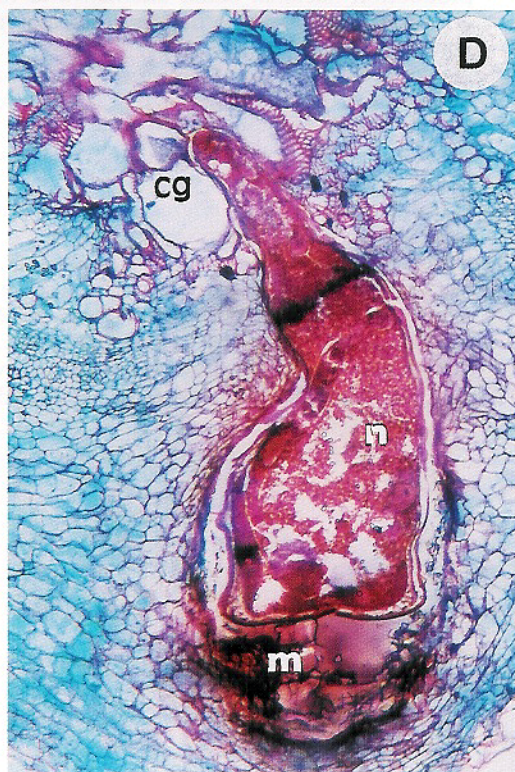
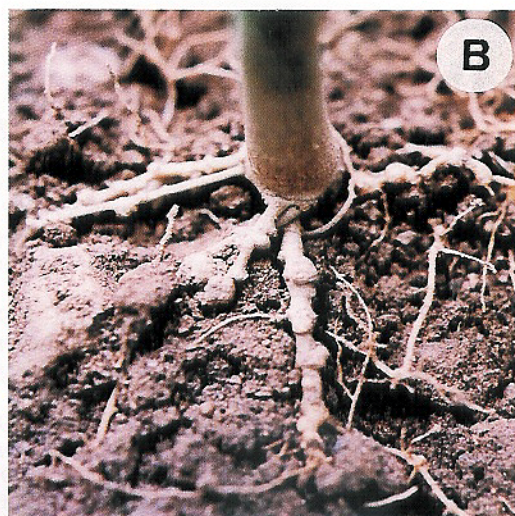


Fig. 4 - A, plantas de lechosa tipo Paraguanera inoculadas con diferentes poblaciones iniciales del nematodo *M. incognita* raza 1; B, raíces superficiales del mismo tipo de lechosa mostrando abundantes agallas. Cortes transversales de raíces: C, nematodo (n) alimentándose de un grupo de células gigantes (cg) con numerosos núcleos (nu) cerca de los haces xilemáticos (x); D, nematodo (n), células gigantes (cg) e incipiente matriz gelatinosa (m); E, nematodo (n) y masa de huevos completamente dentro del tejido radical. (Barras=200 μ m).

Obras citadas

- CASASSA A., CROZZOLI R., MATHEUS J., BRAVO V. y MARÍN M., 1998. Efecto del nematodo agallador *Meloidogyne incognita* sobre el crecimiento del guayabo (*Psidium* spp.) en vivero. *Nematol. medit.*, 26: 237-242.
- COHN E. y DUNCAN L., 1990. Nematode parasites of subtropical and tropical fruit trees, pp. 347-362. In: Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. M. Luc, R. A. Sikora and J. Bridge (eds). C.A.B. International, Wallingford, U.K.
- CROZZOLI R., GRECO N., SUÁREZ A. y RIVAS D., 1997. Patogenicidad del nematodo agallador, *Meloidogyne incognita*, en cultivares de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*. *Nematropica*, 27: 61-67.
- CROZZOLI R., GRECO N., SUÁREZ A. y RIVAS D., 1999. Patogenicidad del nematodo agallador, *Meloidogyne incognita* en *Vigna unguiculata*. *Nematropica*, 29: 93-97.
- CROZZOLI R. y RIVAS D., 1987. Uso de toallas faciales de producción nacional como alternativa al filtro de algodón en la limpieza de muestras nematológicas. *Fitopatol. Venez.*, 1: 32-33.
- INSERRA R. N. y CARTIA G., 1976. *Meloidogyne javanica* su papaya in Sicilia. *Nematol. medit.*, 5: 137-139.
- S'JACOB J. J. y VAN BEZOOIJEN J., 1971. A manual for practical work in nematology. Agricultural University, Wageningen, Holland. 66 pp.
- JOHANSEN D., 1940. *Plant microtechnique*. McGraw Hill Book Co. Inc. New York. 523 pp.
- LAMBERTI F., EKANAYAKE H. M. R. K. y SASANELLI N., 1993. Effect of some plant parasitic nematodes on the growth of selected crops in Sri Lanka. *Nematol. medit.*, 21: 27-43.
- LAMBERTI F., EKANAYAKE H. M. R. K. y ZACHEO F., 1980. Effect of two *Meloidogyne* species on the growth of papaw seedlings. *Indian J. Nematol.*, 10: 225-230.
- McSORLEY R., 1983. Population buildup and effects of the reniform nematode of papaya in southern Florida. *Fla. State Hort. Soc.*, 69: 198-200.
- McSORLEY R., 1992. Nematological problem in tropical and subtropical fruit tree crops. *Nematropica*, 22: 103-116.
- PETTIT P., 1990. Reconocimiento de nematodos asociados a frutales de importancia económica en Venezuela. *Fitopatol. Venez.*, 3: 2-5.
- RAMAKRISHNAN S. y RAJENDRAN G., 1998a. Influence of *Meloidogyne incognita* on yield components and physiological function of papaya. *Nematol. medit.*, 26: 225-228.
- RAMAKRISHNAN S. y RAJENDRAN G., 1998b. Assessment of yield loss due to *Meloidogyne incognita* in papaya under field conditions. *Nematol. medit.*, 26: 229-230.
- RAMAKRISHNAN S. y RAJENDRAN G., 1999a. Comparison of different methods of control of *Meloidogyne incognita* in relation to growth and yield of papaya. *Nematol. medit.*, 27: 115-118.
- RAMAKRISHNAN S. y RAJENDRAN G., 1999b. Changes induced by *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*, individually and in combination, on physiology, chlorophyll and nutrients content of papaya. *Nematol. medit.*, 27: 119-122.
- SEINHORST J. W., 1965. The relation between nematode density and damage to plant. *Nematologica*, 11: 137-154.
- SEINHORST J. W., 1970. Dynamics of populations of plant parasitic nematodes. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 8: 131-156.
- SEINHORST J. W., 1986. Effect of nematode attack on the growth and yield of crop plants, pp. 191-209. In Cyst Nematodes (Lamberti F. and Taylor C. E. eds). Plenum Press, New York and London.
- TAYLOR A. L. y SASSER J. N., 1978. *Biology, identification and control of root-knot nematode* (*Meloidogyne* species). North Carolina University Graphics, Raleigh, N.C., U.S.A., 111 pp.