

PATOGENICIDAD DEL NEMATODO AGALLADOR, *MELOIDOGYNE ENTEROLOBII*, EN LULO (*SOLANUM QUITOENSE* LAM.) EN MACETAS

R. Crozzoli, Y. Aguirre y L. Ángel

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Zoología Agrícola, Apdo. 4579, Maracay, Venezuela

Recibido: 18 agosto 2012; Aceptado: 9 septiembre 2012.

Resumen. Se estudió la relación entre una serie geométrica de doce densidades poblacionales iniciales (P_i) del nematodo agallador *Meloidogyne enterolobii*, las cuales oscilaron entre 0 y 256 huevos (hv) y juveniles de segundo estadio (J2)/cm³ de suelo, y el crecimiento de plantas de lulo (*Solanum quitoense*) en macetas de 500 cm³ de capacidad. Sesenta días después de la inoculación se determinó el peso aéreo fresco (PAF) y seco (PAS) de las plantas y las poblaciones final del nematodo. Los valores obtenidos se ajustaron a la ecuación de Seinhorst, $y = m + (1-m)z^{P_i \cdot T}$. El límite de tolerancia (T) para ambas variables fue de 2 hv + J2/cm³ de suelo, mientras que el rendimiento mínimo (m) relativo fue de 0,6 y 0,25 para PAF y PAS, respectivamente, ambos a $P_i = 256$ hv + J2/cm³ de suelo. La tasa de reproducción máxima del nematodos fue de 22,4 veces a $P_i = 0,25$ hv + J2/cm³ de suelo. La mayor densidad poblacional final fue de 679 hv + J2/cm³ de suelo a $P_i = 128$ hv + J2/cm³ de suelo.

Palabras clave: Limite de tolerancia, nematodo agallador, perdida de producción, tasa de reproducción.

Summary. Pathogenicity of the root-knot nematode, *Meloidogyne enterolobii*, on naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) in pots. The relationship between a geometric series of twelve initial population densities (P_i) of *Meloidogyne enterolobii*, ranging from 0 to 216 eggs and second stage juveniles (J2)/cm³ soil, and growth of naranjilla (*Solanum quitoense*) was investigated in 500 cm³ pots. Sixty days after inoculation, fresh and dried weights of plant tops and nematode variables were recorded. The Seinhorst model $y = m + (1 - m)z^{P_i \cdot T}$ gave an adequate fit to the relationship between average fresh and dry top weights of plants and nematode population density. Tolerance limits (T) of naranjilla to the nematode of 2 eggs and J2/cm³ soil for both fresh and dry weights of the plants were estimated. The minimum relative yields (m) were 0.6 and 0.25 at $P_i = 256$ eggs and J2/cm³ soil for fresh and dry weights, respectively. The maximum nematode reproduction rate was 22.4-fold at $P_i = 0.25$ eggs and J2/cm³ soil. The largest final population density (P_f) of the nematode was 679 eggs and J2/cm³ soil and occurred at $P_i = 128$ eggs and J2/cm³ soil.

Key words: Reproduction rate, root-knot nematode, tolerance limit, yield loss.

El lulo o naranjilla, *Solanum quitoense* Lam. (Solanaceae), es una planta nativa de los Andes Ecuatorianos-Colombianos y su fruta es utilizada en la preparación de jugos, helados y mermelada, entre otros (FHIA, 2009). El cultivo es afectado por varias plagas y enfermedades y, en la mayoría de las zonas productoras de centro y sur América, uno de los principales problemas lo constituyen los nematodos agalladores del género *Meloidogyne* (Scheerens, 1994; García *et al.*, 2004; FHIA, 2009).

En Colombia han señalado a las especies *M. arenaria* (Neal) Chitw., *M. exigua* Göeldi, *M. hapla* Chitw., *M. incognita* (Kofoid *et White*) Chitw. y *M. javanica* (Treub) Chitw. en asociación con el cultivo causando un impacto negativo sobre el rendimiento (García *et al.*, 2004; Gelpud *et al.*, 2011). Gelpud *et al.* (2011), señalaron reducciones de rendimiento causadas por especies de *Meloidogyne* de cerca de 50% y una presencia de estos nematodos en el 79% de la superficie cultivada con lulo en el Departamento de Nariño. Igualmente, en Honduras, señalan a *Meloidogyne* spp. como un patógeno importante para el cultivo (FHIA, 2009).

Para solventar la problemática se han realizado estudios tendientes a detectar materiales resistentes a alguna de estas especies para ser utilizados directamente en campo (Santamaría *et al.*, 2004) o como portainjertos (FHIA, 2009; Gelpud *et al.*, 2011). Igualmente existen

trabajos relacionados con control utilizando coberturas vegetales (Betancourth *et al.*, 2011).

En Venezuela, la fruta del lulo se utiliza principalmente en la preparación de jugos y es producida en la región centro norte por encima de los 1200 msnm; sin embargo, se puede cultivar también a menor altura (ej. Maracay, 450 msnm). A pesar de que no existen trabajos relacionados con nematodos en el cultivo, en las zonas productoras mas importantes, uno de los principales problemas fitopatológicos es causado por *M. hapla* y *M. incognita* (Suárez, en comunicación personal, 2007 y Crozzoli, 2011, datos no publicados); sin embargo, en plantas cultivadas en la Facultad de Agronomía, en Maracay, se detectó la presencia de *M. enterolobii* Yang *et Eisenback*, causando extensas agallas en las raíces de las plantas.

En Venezuela, *M. enterolobii* es común en los estados Aragua, Lara y Zulia, principalmente en frutales (Crozzoli, 2009) y, debido a las múltiples detecciones que actualmente ocurren y a la falta de datos relacionados con cuantificación de daños, se realizó esta prueba con la finalidad de: *i*) relacionar distintos niveles poblacionales de *M. enterolobii* con el peso aéreo fresco y aéreo seco de la planta, *ii*) determinar el límite de tolerancia al nematodo y, *iii*) estudiar la dinámica del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó bajo condiciones de umbráculo (temperatura promedio de 26 °C) en Maracay, estado Aragua, Venezuela.

El inóculo se obtuvo de una población pura de *M. enterolobii* mantenida en batata [*Ipomoea batata* (L.) Lam.] y proveniente de semeruco (*Malpighia glabra* L.) cultivado en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en Maracay.

Se preparó un semillero con arena y se sembraron semillas de plantas recién cosechadas y previamente secadas al ambiente. Treinta días después de la germinación se trasplantaron individualmente a envases plásticos conteniendo 500 cm³ de suelo arenoso previamente esterilizado con calor seco. Una semana después del trasplante se procedió a la inoculación de las plantas, para lo cual, raíces de batata 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 (hv) y juveniles de segundo estadio (J2) y cuantificar la población. La inoculación se realizó con dicha suspensión colocándola en contacto directo con las raíces de las plantas de lulo, abriendo cuatro orificios hasta una profundidad de 1,5 cm y tapándolos posteriormente. Los niveles de inóculo utilizados fueron: 0; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64, 128 y 256 hv + J2 del nematodo/cm³ de suelo. Cada tratamiento se repitió 6 veces y los envases 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. Al momento del trasplante se aplicó 1 g de fertilizante 13-13-2/planta.

Sesenta días más tarde se determinó el peso aéreo fresco y seco de la parte aérea y se cuantificó 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 y su limpieza se realizó con el embudo de Baermann (s'Jacob y van Bezooijen, 1971). La extracción de los huevos y juveniles del nematodo presentes en las raíces se realizó de la misma forma descrita para la preparación del inóculo, triturando el total de las raíces de cada planta.

Para estudiar el comportamiento de las plantas de lulo 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 (Seinhorst, 1965; 1986):

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

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 reducidas; 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 los correspondientes que se determinaron al final del ensayo (Pf) fueron introducidos en la segunda ecuación de Seinhorst (Seinhorst, 1970):

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

Tabla I. Efecto de la población inicial de *Meloidogyne enterolobii* sobre la población final, tasa de multiplicación e índice de agallamiento en plantas de lulo creciendo en macetas de plástico.

Población inicial (huevos+juveniles/cm ³ de suelo)	Población final (huevos+juveniles/cm ³ de suelo)	Tasa de multiplicación	Índice de agallamiento (1-5)
0,25	5,6	22,4	1,2
0,5	6,9	17,8	1,3
1	15,4	15,4	1,7
2	40,1	20,1	2,3
4	61,3	15,3	2,3
8	121,1	15,1	2,7
16	268,5	20,5	3,0
32	261,7	8,2	3,0
64	329,2	5,1	3,5
128	679,4	5,3	4,0
256	369,1	1,4	4,5

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acción del nematodo afectó negativamente las variables agronómicas medidas en las plantas de lulo. Las plantas inoculadas mostraron mayores reducciones de crecimiento a medida que se incrementó la población inicial de *M. enterolobii*; igualmente el daño en las raíces por la formación de agallas fue notable apreciándose índices de agallamiento que oscilaron entre 1,2 y 4,5 según la escala 1-5 de Taylor y Sasser (1978) con la población menor y mayor del nematodo, respectivamente (Tabla I). La interpolación de los datos de peso aéreo fresco y aéreo seco con la primera ecuación de Seinhorst (A) demuestra claramente que están bien representados por dicha ecuación, lo cual permite determinar el límite de tolerancia (T) al nematodo y la pérdida máxima de la variable medida (m) y permite establecer, de manera adecuada, la relación entre las poblaciones iniciales del nematodo en el suelo y el parámetro agronómico considerado.

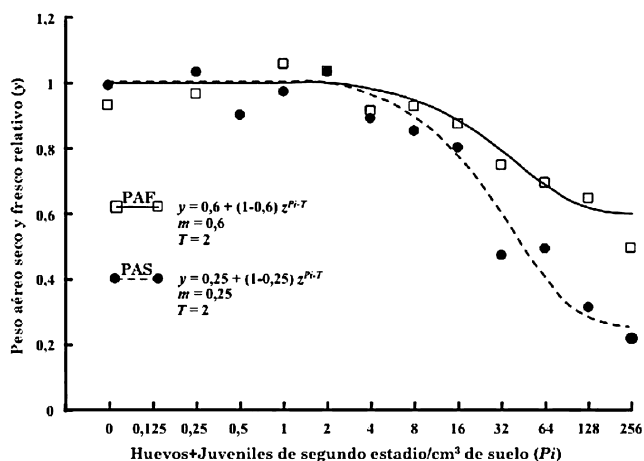


Fig. 1. Relación entre la población inicial (P_i) de *Meloidogyne enterolobii* y los pesos aéreos frescos (PAF) y secos (PAS) relativos (y) de lulo en maceta.

El límite de tolerancia (T) para los pesos aéreo fresco y seco de las plantas ha sido estimado en 2 huevos + J2/cm³ de suelo, mientras que el rendimiento mínimo relativo (m) fue de 0,6 y 0,25 a partir de $P_i \geq 256$ hv+J2/cm³ de suelo para peso aéreo fresco y seco, respectivamente. Esto indica que se pueden esperar reducciones de peso aéreo seco de hasta 75% a partir de poblaciones iniciales de *M. enterolobii* de 256 hv+J2/cm³ de suelo. Esta población no es común en campo; sin embargo, reducciones de 30 y 50% son alcanzadas con poblaciones iniciales de 16 y 32 hv+J2/cm³ de suelo, respectivamente que se han registrado en campo (Fig. 1).

Este, de acuerdo con la bibliografía disponible, parece ser el primer trabajo que relacione poblaciones iniciales crecientes de *M. enterolobii* con variables agronómicas; por lo que los resultados no se pueden comparar con otros cultivos. Sin embargo, al compararse con resultados obtenidos bajo condiciones similares con otras especies de nematodos agalladores en Venezuela (Crozzoli, 2002), podemos señalar que T es ligeramente superior al obtenido en la mayoría de los ensayos. No se puede decir lo mismo para las variables agronómicas, donde el peso seco aéreo alcanzado por las plantas de lulo con poblaciones elevadas del nematodo es uno de los menores, lo cual indica el severo daño que esta especie es capaz de causar. En nuestro ensayo como inóculo han sido utilizados huevos obtenidos disolviendo las masas en hipoclorito de sodio (Hussey y Barker, 1973) debido a que el uso de masas de huevos enteras no era posible ya que una única masa de huevos podía contener más huevos que los necesarios para inocular una maceta con los niveles más bajos de inóculo utilizados. Sin embargo, las diferencias observadas en cuanto al límite de tolerancia del lulo a *M. enterolobii*, además de la especie de nematodo y planta, pueden deberse al tipo de inóculo utilizado y a las condiciones ambientales bajo las cuales se llevó a cabo la prueba (Greco y Di Vito, 2009). Di Vito et al. (1985) obtuvieron un límite de to-

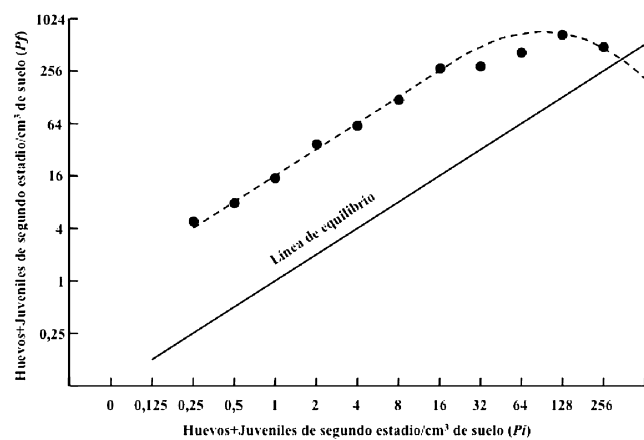


Fig. 2. Relación entre las poblaciones iniciales (P_i) y finales (P_f) de *Meloidogyne enterolobii* en plantas de lulo en maceta.

lerancia del pimentón a *M. incognita* (Kofoid *et* White) Chitw. de 2,2 huevos y J2/cm³ de suelo utilizando huevos como en este experimento, y de 0,16 huevos y J2/cm³ de suelo utilizando raíces con masas de huevos completas. Además, Di Vito *et al.* (1986) demostraron que la viabilidad de los huevos contenidos en las masas de huevos es superior (58%) a la de los huevos disueltos con hipoclorito de sodio (12%). Por lo tanto, en condiciones de campo el límite de tolerancia del lulo podría ser muy inferior al estimado en este estudio.

La relación entre las poblaciones iniciales (P_i) y finales (P_f) de *M. enterolobii* está adecuadamente representada por la segunda ecuación de Seinhorst (B) por una tasa máxima de reproducción (a) de 22,4 (alcanzada por el nematodo a $P_i = 0,25$ hv+J2/cm³ de suelo), suponiendo un valor de $x = 1$ (al considerar que todos los huevos habrían podido eclosionar durante el ciclo de cultivo y que todos los juveniles de segundo estadio habrían podido invadir las raíces de la planta al no haber competencia por alimento, lo cual ocurre en muchas especies de *Meloidogyne*), una mayor población final de 679 hv+J2/cm³ de suelo (alcanzada a $P_i = 128$ hv+J2/cm³ de suelo) y una densidad de equilibrio que se ubicó en 350 hv+J2/cm³ de suelo (Tabla I, Fig. 2).

Los resultados confirman el efecto muy dañino que puede causar *M. enterolobii* en las plantas de lulo en crecimiento al observarse límites de tolerancia relativamente bajos y elevadas reducciones de materia seca de las plantas. Sin embargo, para obtener informaciones útiles desde el punto de vista práctico y prever con bastante exactitud las pérdidas de producción del lulo en campo, según la población del nematodo, sería oportuno efectuar un experimento similar bajo condiciones de campo y utilizar un inóculo similar al que está presente en campo. Por consiguiente, es importante realizar estudios nematológicos en áreas potenciales para el establecimiento de huertos de lulo y el uso de plantas libre de infecciones por nematodos es un requisito previo para asegurar una buena productividad.

LITERATURA CITADA

- Betancourth C., Salazar G.C. y Rodríguez M., 2011. Evaluación de coberturas de suelo con caléndula (*Calendula officinalis* L.), crotalaria (*Crotalaria* sp. L.) y avena (*Avena* sp. L.) en el control de *Meloidogyne* spp. en lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, XXVIII(2): 43-57.
- Crozzoli R., 2002. Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia*, 27: 354-364.
- Crozzoli R., 2009. Nematodes of tropical fruit crops in Venezuela. Pp. 63-84. *In: Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes* (Ciancio A. and K.G. Mukerji, eds). Springer, Lightning Source UK Ltd., Milton Keynes, U.K.
- Di Vito M., Greco N. y Carella A., 1985. Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annum*. *Journal of Nematology*, 17: 45-49.
- Di Vito M., Greco N. y Carella A., 1986. The effect of population densities of *Meloidogyne incognita* and importance of the inoculum on yield of eggplant. *Journal of Nematology*, 18: 487-490.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), 2009. *Producción comercial de lulo* (*Solanum quitoense* Lam.) *injetado sobre patrón de friegaplatos* (*Solanum torvum*). Departamento de Protección Vegetal, Hoja Técnica N° 7, La Lima, Cortés, Honduras, 2 pp.
- García F., Obando J. y Betancourt C., 2004. Reconocimiento de especies de *Meloidogyne* en tomate de árbol (*Solanum betacea*) y lulo (*Solanum quitoense*) en la zona norte del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, XXI(1-2): 9-24.
- Gelpud C., Mora E., Salazar C. y Betancourth C., 2011. Susceptibilidad de genotipos de *Solanum* spp. al nematodo causante del nudo radical *Meloidogyne* spp. (Chitwood). *Acta agronómica*, 60(1): 50-67.
- Greco N. y Di Vito M., 2009. Population dynamics and damage levels. Pp. 246-274. *In: Root-Knot Nematodes* (Perry R.N., Moens M. y Starr J.L., eds). CABI, Wallingford, UK.
- Hussey R.S. y Barker K.R., 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57: 1025-1028.
- s'Jacob J.J. y Van Beooijen J., 1971. *A manual for practical work in nematology*. Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 66 pp.
- Santamaria L., Mulrooney R.P. y Kitto S.L., 2004. Screening for root-knot nematode response in somaclonal variants of *Solanum quitoense* Lam. *Nematologica*, 34: 73-82.
- Scheerens J.C., 1994. "Tropical small fruits": A workshop overview with a summary of information on naranjilla and carambola. *Fruit Varieties Journal*, 48(3): 136-146.
- 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. *Annual Review of Phytopatology*, 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, London, UK.
- Taylor A.L. y Sasser J.N. 1978. *Biology, identification and control of root-knot nematodes Meloidogyne species*. North Carolina State University Graphics, Raleigh, USA, 111 pp.