

Desarrollo y Reproducción de Tres Poblaciones de *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887, en Cafeto, cv. Catuai¹

N Morera*, R. López**

ABSTRACT

The development and reproduction of three *Meloidogyne exigua* populations on coffee (*Coffea arabica* L.) cv. Catuai, was studied under greenhouse conditions. Plants were inoculated with 15 000 eggs and/or second stage juvenils (J₂) of each population collected at San Luis de Santo Domingo, Heredia province (SL), La Isabel de Turrialba, Cartago province (LI) and Sarchí de Valverde Vega, Alajuela province (S), Costa Rica. Forty days after inoculation the number of galls/plant and their diameter were significantly higher in plants inoculated with S than in those with SL, while plants inoculated with LI had intermediate values. No significant differences among populations were found regarding total number of nematodes/gall, number of J₂/gall and number of eggs/plant. Eighty days after inoculation plants inoculated with S and LI had significantly higher number of galls/plant, total number of nematodes/gall and J₂/gall than those inoculated with SL. The S population had the largest galls and the highest number of eggs/plant. No significant differences among populations were found regarding the number of females/gall. Population LI had the highest reproduction rate although not significantly different from the other two. No significant differences among populations were found in any of the two evaluation dates regarding plant height, dry weight, fresh root weight and leaf area.

INTRODUCCION

Entre los nematodos que atacan al cafeto, la especie *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887, es la de mayor distribución geográfica y la que más comúnmente se asocia a éste cultivo en los países de Centro y Sur América (7, 18). Se ha encontrado que este nematodo puede ocasionar la reducción del crecimiento de las plantas en el vivero y en el campo, así como pérdidas significativas en la producción (1, 2).

Existe evidencia de que esta especie de nematodo posee razas fisiológicas Curi *et al.* (6) hicieron observaciones en cafetales de Brasil infectados por distin-

1 Recibido para publicación el 8 de julio de 1987. Parte de una tesis presentada por el primer autor como requisito parcial para optar al grado de M Sc en el Programa de Posgrado UCR/CATIE en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. Los autores agradecen la ayuda y financiamiento del PROMECAFE y del Laboratorio de Fisiología Vegetal del CATIE

* PROMECAFE, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

** Laboratorio de Nematología, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica, San José. Beneficiario del CONICIT de Costa Rica.

COMPENDIO

Bajo condiciones de invernadero se estudió el desarrollo y la reproducción de tres poblaciones de *Meloidogyne exigua* en cafeto (*Coffea arabica*), cultivar Catuai. Las plántulas fueron inoculadas con 15 000 huevos y/o segundos estados juveniles (J₂) de cada una de las poblaciones colectadas en San Luis de Santo Domingo, provincia de Heredia (SL), La Isabel de Turrialba, provincia de Cartago (LI) y Sarchí de Valverde Vega, provincia de Alajuela (S), Costa Rica. Cuarenta días después de la inoculación se encontró que el número de agallas/planta y el diámetro de éstas fueron significativamente mayores en las plantas inoculadas con la población S que en aquellas inoculadas con SL, mientras que las inoculadas con LI tuvieron valores intermedios. No hubo diferencias significativas entre poblaciones en cuanto al número de nematodos/agalla, el número de J₂/agalla y el número de huevos/planta. Ochenta días después de la inoculación se encontró que en las plantas inoculadas con las poblaciones S y LI hubo un número de agallas/planta, número de nematodos/agalla un número de J₂/agalla y una población final significativamente mayor que las inoculadas con la población SL. La población S causó la formación de agallas radiculares de mayor diámetro y la mayor cantidad de huevos/planta. No hubo diferencias significativas entre poblaciones en cuanto al número de hembras/agalla. En ninguna evaluación se encontró diferencias significativas entre poblaciones en la altura de las plantas, el peso seco aéreo, el peso fresco de las raíces y el área foliar.

tas poblaciones de *M. exigua* y encontraron que una de ellas inducía la formación de agallas bien desarrolladas o fuertes engrosamientos en las raíces y que constituía un problema en cafetales nuevos; las otras dos poblaciones no indujeron agallas pero una de ellas produjo rajaduras y hendiduras en las raíces de mayor diámetro, por lo que resultó ser más nociva que las otras dos.

Machado (13) observó dos poblaciones de ese nematodo en Brasil las cuales mostraban diferencias en virulencia. Las plantas de cafeto atacadas por una de éstas presentaron raíces bastante ramificadas, con muchas agallas de diámetro pequeño; la otra población indujo sistemas radicales poco ramificados, sin agallas; las raíces se tornaron quebradizas, presentaban necrosis y desprendimiento cortical. Posteriormente, este autor y Lordello (14) realizaron pruebas de electroforesis con esas dos poblaciones y encontraron que las mismas diferían en su composición proteínica.

López (10) trabajó con poblaciones de *M. exigua* recolectadas en dos localidades de Costa Rica y en-

contró que una de ellas se reprodujo poco mientras que la otra se reprodujo muy bien en tomate. Notó además que los machos de una población tenía más acentuada la constricción que separa los labios medios (12) y que, al efectuar estudios de electroforesis (11), se observan diferencias en los patrones de algunas de las enzimas evaluadas. Estas evidencias llevaron a los autores (11, 14) a concluir que tales poblaciones eran fisiológica y genéticamente diferentes.

La existencia o el desarrollo de nuevas razas puede reducir la utilidad de cultivares considerados resistentes, por lo que es necesario que el fitomejorador tenga un buen conocimiento de la variación patogénica dentro de las especies de *Meloidogyne* (18). Por tal razón, se planeó el presente estudio cuyo objetivo fue el de evaluar el desarrollo y reproducción de tres poblaciones locales de *M. exigua* en café, para detectar posibles diferencias entre ellas.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó una investigación de marzo a setiembre de 1985, en un invernadero del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, localizado a 83°30' de longitud Oeste y 9°53' de latitud Norte, a una altitud de 602 msnm.

Se empleó el cultivar de café Catuai, susceptible a *M. exigua*, el cual fue inoculado con tres poblaciones de ese nematodo colectadas en las siguientes localidades de Costa Rica: San Luis de Santo Domingo, provincia de Heredia; La Isabel de Turrialba, provincia de Cartago y Sarchí de Valverde Vega, provincia de Alajuela. Estas poblaciones habían sido estudiadas e identificadas previamente por López (10, 11, 12); en este caso, se corroboró su identidad mediante la observación de patrones perineales. Se mantuvieron e incrementaron en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) cv. California Wonder.

Las plántulas de café fueron sembradas en bolsas de polietileno negro que contenían 1 300 ml de una mezcla de arena y suelo (2:1, v/v), tratada previamente con calor a 200°C durante 24 horas. Cuando las plántulas tenían su primer par de hojas verdaderas bien desarrolladas fueron inoculadas con 15 000 huevos y/o segundos estados juveniles (J_2) por planta; el inóculo fue obtenido mediante la maceración de las raíces agalladas de chile durante 45 segundos en una licuadora. Posteriormente, se pasó ese material a través de un juego de cribas superpuestas de 200 y 500 mallas. El filtrado de la criba de 500 mallas fue suspendido en agua en un recipiente aforado y se hizo una estimación del número de huevos y J_2 extraídos en cinco alícuotas de un ml.

Cada unidad experimental estuvo formada por dos plántulas. Los tratamientos evaluados fueron: a) inoculación con la población de San Luis; b) inoculación con la población de La Isabel; c) inoculación con la población de Sarchí y d) testigo sin inocular. Los mismos fueron dispuestos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Cuarenta y ochenta días después de la inoculación se hizo la evaluación de las siguientes variables: altura de las plantas, peso seco de la parte aérea, peso fresco de las raíces, área foliar, número de agallas por planta, número de huevos recuperados por sistema radicular, diámetro de las agallas, número total de nematodos por agalla, número de hembras por agalla, número de juveniles por agalla y tasa de reproducción. El número de nematodos por agalla se determinó mediante la disección y observación de las mismas bajo el estereoscopio. La extracción de huevos del sistema radicular se realizó según el método de Hussey y Baker (9).

Como prácticas culturales se efectuaron fertilizaciones con la fórmula 20-7-12-3-1, 2 a la siembra y con sulfato de amonio un mes antes de la inoculación; un mes después de la misma se realizó una aplicación con el fertilizante foliar Stimufol (25-26-12-2). Mensualmente y en forma alterna, se aplicó los fungicidas óxido cuproso y captafol. Las plantas fueron regadas semanalmente con 100 ml de agua.

RESULTADOS

Los valores promedio de las variables evaluadas 40 días después de la inoculación se presentan en el Cuadro 1. Se encontró que el número de agallas por planta y el diámetro de las agallas fue significativamente mayor en plantas inoculadas con la población de Sarchí que en las inoculadas con la de San Luis, mientras que las inoculadas con la población de La Isabel tuvieron valores intermedios, estadísticamente iguales a los obtenidos con las otras dos. Las tres poblaciones difirieron significativamente del testigo sin inocular. En cuanto al número de nematodos por agallas y juveniles por agalla, no hubo diferencia significativa alguna entre las poblaciones de nematodos, pero sí entre éstas y el testigo. El número de hembras por agalla fue significativamente mayor en plantas inoculadas con las poblaciones de Sarchí y La Isabel que con la de San Luis, con diferencias significativas con respecto al testigo.

En lo referente al número de huevos por planta y la población final de nematodos no hubo diferencia significativa entre poblaciones, ni entre la población de San Luis y el testigo sin inocular. Además, no se

Cuadro 1. Valores promedios de las variables evaluadas en plántulas de *Coffea arabica*, cv. Catuai T5267, cuarenta días después de su inoculación con tres poblaciones de *Meloidogyne exigua*.

	Testigo	Población de <i>Meloidogyne exigua</i>		
		La Isabel	San Luis	Sarchí
Altura (cm)	7.87 a*	8.04 a	7.82 a	7.90 a
Peso aéreo seco (g)	0.40 a	0.39 a	0.35 a	0.40 a
Peso fresco raíz (g)	0.61 a	0.69 a	0.64 a	0.67 a
Área foliar (dm ²)	0.88 a	0.87 a	0.78 a	0.89 a
Agallas/planta	0.00 c	32.00 ab	21.00 b	37.00 a
Diámetro agalla (mm)	0.00 c	1.45 ab	1.20 b	1.66 a
Nematodos/agalla	0.00 b	6.19 a	4.95 a	5.63 a
Hembras/agalla	0.00 c	2.59 a	1.29 b	2.71 a
Juveniles/agalla	0.00 b	3.21 a	3.54 a	2.82 a
Huevos/planta	0.00 b	676.00 a	178.00 ab	481.00 a
Población final**	0.00 b	874.00 a	282.00 ab	689.00 a

* Promedio de cuatro repeticiones. Promedios en una misma hilera seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P = 0.05).

** Población final incluye el promedio de hembras, juveniles y huevos obtenidos en el sistema radicular de cada planta.

encontró diferencia estadística alguna entre tratamientos en cuanto a la altura, el peso aéreo seco, el peso fresco de la raíz y el área foliar de las plantas.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación realizada 80 días después de la inoculación. En esta oportunidad se encontró que, en plantas inoculadas con las poblaciones de Sarchí y La

Isabel, hubo un número significativamente mayor de agallas por planta, nematodos por agalla, juveniles por agalla y población final de nematodos que en las inoculadas con la población de San Luis o en el testigo; la diferencia entre estos dos últimos tratamientos también fue significativa. Todos los tratamientos difirieron significativamente entre sí en cuanto al diámetro de las agallas; la población de Sarchí tuvo

Cuadro 2. Valores promedios de las variables evaluadas en plántulas de *Coffea arabica*, cv. Catuai T5267, ochenta días después de su inoculación con tres poblaciones de *M. exigua*.

	Testigo	Población de <i>Meloidogyne exigua</i>		
		La Isabel	San Luis	Sarchí
Altura (cm)	7.97 a*	8.60 a	8.77 a	8.69 a
Peso aéreo seco (g)	0.30 a	0.34 a	0.31 a	0.37 a
Peso fresco raíz (g)	0.87 a	1.04 a	1.14 a	1.11 a
Área foliar (dm ²)	0.87 a	1.00 a	0.91 a	1.08 a
Agallas/planta	0.00 c	63.00 a	32.00 b	71.00 a
Diámetro de agalla (mm)	0.00 d	1.50 b	1.20 c	1.74 a
Nematodos/agalla	0.00 c	79.00 a	28.00 b	70.00 a
Hembras/agalla	0.00 b	2.24 a	1.47 a	2.04 a
Juveniles/agalla	0.00 c	77.00 a	27.00 b	67.00 a
Huevos/planta	0.00 c	370.00 bc	1 445.00 ab	2 234.00 a
Población final**	0.00 c	5 347.00 a	2 341.00 b	7 204.00 a

* Promedio de cuatro repeticiones. Promedios en una misma hilera seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P = 0.05).

** Población final incluye el promedio de hembras, juveniles y huevos obtenidos en el sistema radicular de cada planta.

el mayor promedio en esta variable. En cuanto al número de hembras por agalla, no hubo diferencias significativas entre poblaciones, pero éstas tuvieron valores significativamente mayores que el testigo. La población de Sarchi produjo una cantidad de huevos por planta significativamente mayor que el de La Isabel. La diferencia entre esta última y la población de San Luis no fue significativa; el testigo fue significativamente diferente de las poblaciones de Sarchi y San Luis en esta variable. Al igual que en la primera evaluación, a los 80 días no hubo diferencias significativas entre tratamientos en la altura de las plantas, el peso aéreo seco, el peso fresco de la raíz y el área foliar.

DISCUSION

Las poblaciones de *M. exigua* no afectaron significativamente el desarrollo de las plantas (Cuadro 1 y 2). Este resultado es común en investigaciones como la presente, donde se trabaja con plantas de crecimiento lento y con periodos de evaluación relativamente cortos (5). Por ejemplo, Baeza y Leguizamón (3) notaron que, al aplicar nematicidas para combatir *M. exigua* en cafeto, el efecto positivo sobre el peso fresco de las partes aéreas fue notorio sólo después de seis meses. Algo similar ocurrió con la aparición de los síntomas aéreos en las plantas atacadas por esta especie; según Gonçalves (8), en una plantación de cafeto nueva y sana, los primeros síntomas visibles de ataque de *M. exigua* aparecían generalmente entre el primer y segundo año después de su trasplante al campo. Otros autores (4, 16, 17) han observado la formación de agallas en las raíces sin que, inicialmente, se afectara el crecimiento de las partes aéreas. Seinshorst, citado por Wallace (19), ha explicado este hecho mediante la hipótesis del nivel de tolerancia en la que propone que el peso aéreo permanece más o menos constante hasta que se alcanza una densidad crítica de nematodos ("nivel de tolerancia"). Según este autor, esto ocurre porque la reducción inicial del crecimiento es baja y es, a su vez, superada por la capacidad compensatoria del sistema radical, ya sea mediante la producción de raíces nuevas y/o la existencia de un "exceso" de raíces en el mismo. Wallace (19) también ha mencionado que si la densidad poblacional de los nematodos es baja, su efecto nocivo sobre el crecimiento de las plantas puede ser pequeño lo cual podría ser confundido con la variabilidad inherente a las plantas.

Con respecto a la época en que fueron hechas las evaluaciones, se observó que 40 días después de la inoculación se pudo detectar la respuesta de las raíces de las plantas al ataque de *M. exigua*, pero que la misma fue más evidente y definida a los 80 días después de la inoculación, tanto en las raíces como en las par-

tes aéreas a pesar de que en este último no hubo diferencias significativas (Cuadro 1 y 2). Se podría concluir entonces que el período de 80 días es suficiente, si lo que se pretende es detectar el establecimiento y la reproducción de los nematodos en las plantas. Sin embargo, si el objetivo de la investigación fuera el de determinar si el ataque de *M. exigua* ocasiona algún daño a la planta, pareciera recomendable que el momento de la evaluación para las variables de crecimiento fuera de 6 a 8 meses después de la inoculación.

En lo referente a las variables que deben ser evaluadas en esta clase de trabajos, se encontró que la población de Sarchi consistentemente causó la formación de agallas de mayor diámetro que las formadas por la población de La Isabel, lo que sugiere que esta característica podría ser utilizada como un criterio adicional para distinguir entre poblaciones. Sin embargo, no se mantuvo la misma diferencia entre estas poblaciones en cuanto al número de nematodos/agalla, hembras/agalla, juveniles/agalla y huevos/planta. Estos resultados concuerdan con lo anotado por Mendes (15), quien encontró que el tamaño de la agalla no siempre tiene relación con las últimas variables mencionadas por lo que no es recomendable emplearlo aislado para evaluar susceptibilidad. De hecho, la misma presencia de agallas en las raíces no es suficiente para asegurar el establecimiento y reproducción de los nematodos, ya que los mismos no son esenciales para que tales procesos ocurran (15). En este sentido, pareciera recomendable que, en investigaciones futuras en que se trabaje en la selección de material resistente a *M. exigua* y a otras especies de *Meloidogyne* o en la diferenciación de poblaciones de esta especie de nematodo, se evalúe tanto el número de agallas/planta y su diámetro como el número de huevos/planta y la población final de nematodos.

Los resultados obtenidos en lo concerniente al desarrollo y reproducción de las tres poblaciones de *M. exigua* indican que existe diferencia entre ellas; en ambas evaluaciones y en prácticamente todas las variables, las poblaciones de Sarchi y de La Isabel tuvieron valores más altos que los de la población de San Luis. En trabajos previos (10, 11, 12) se ha encontrado evidencia de que las poblaciones de Sarchi y San Luis difieren en algunas características morfológicas, en la respuesta de plantas diferenciales y en los patrones electroforéticos de ciertas isoenzimas. Resultados similares han sido obtenidos por otros autores (6, 13, 14), quienes han trabajado con poblaciones de *M. exigua* colectadas en Brasil. Lo anterior hace suponer que *M. exigua* es una especie compuesta por varias razas y que en Costa Rica existen, al menos, dos de ellas; estas conclusiones, sin embargo, merecen ser confirmadas mediante nuevos estudios que inclu-

yan un mayor número de poblaciones de este nematodo. También, es importante considerar estos antecedentes al escoger alguna población de *M. exigua* para

realizar trabajos de selección de material de *Coffea* resistente a esta especie.

LITERATURA CITADA

1. ARRUDA, H.V. DE. 1960. Efeito depressivo de nematóides, sobre mudas de cafeeiro formadas em laminados. *Bragantia* 19:15-17.
2. ARRUDA, H.V. DE. 1960. Redução no crescimento de cafeeiro com un ano de campo, devida ao parasitismo de nematóides. *Bragantia* 19:179-182.
3. BAEZA, C.A.; LEGUIZAMON, J.E. 1977. Evaluación de nematocidas para el control de *M. exigua* en plántulas de *C. arabica* cv. Caturra. *CENICAFE* 28(3):108-116.
4. BARKER, K.R.; OLTHOF, I.H.A. 1976. Relationship between nematode population densities and crop responses. *Annual Review of Phytopathology* 14:327-353.
5. BOLIVAR, G. 1984. Metodología para evaluar la reacción del cafeto al nematodo *Meloidogyne exigua* Goeldi. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 71 p.
6. CURI, S.M.; LORDELLO, L.G.E.; BONA, A. DE; CINTRA, D.F. 1970. Atual distribuição geográfica dos nematodes do cafeeiro (*Meloidogyne coffeicola* y *M. exigua*), no estado de São Paulo. *Biológico* 36(1):26-28.
7. FAZUOLI, L.C.; MONACO, I.C.; CARVALHO, A. 1977. Resistencia do cafeeiro a nematodios. 1. Testes em progenies e híbridos, para *Meloidogyne exigua*. *Bragantia* 36(29):297-307.
8. GONCALVES, J.C. 1970. Nematoides, seria praga de cafeicultura. *Divulgação Agronomica* no. 28:35-38.
9. HUSSEY, R.S.; BARKER, K.R.A. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter* 57(12):1 025-1 028.
10. LOPEZ, R. 1984. Differential plant responses and morphometrics of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica. *Turrialba* 34(4):445-458.
11. LOPEZ, R. 1985. Electrophoretic patterns of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica. *Turrialba* 35(1):71-76.
12. LOPEZ, R. 1985. Observaciones sobre la morfología de *Meloidogyne exigua* con el microscopio electrónico de rastreo. *Nematropica* 15(1):27-36.
13. MACEDO, R. 1984. Estudio sobre diferentes patogenicidades de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro no estado de São Paulo, *Solo* 66(2):23-27.
14. MACEDO, R.; LORDELLO, R.A.; LORDELLO, L.G.E. 1975. Separação de duas populações de nematoides do genero *Meloidogyne*, com diferentes patogenicidades em cafeeiro a traves de electroforese. *Revista de Agricultura* 50(1-2):5-8.
15. MENDES, B.V.; FERRAZ, S.; SHIMOYA, C. 1977. Observações histopatológicas de raízes de cafeeiro parasitadas por *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887. In *Reunião de Nematologia*, 2, Piracicaba, Brasil, 1976. *Trabalhos apresentados*. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Nematologia. p. 207-229.
16. MORERA, G., N. 1984. Reacción de algunos cultivares de arveja (*Pisum sativum* L.) al ataque de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) y *M. hapla* Chitwood y su efecto a densidades crecientes de inóculo. Tesis Ing. Agr. San José, C.R., Universidad de Costa Rica. 55 p.
17. OLTHOF, I.H.A.; POTTER, J.W. 1977. Effects of population densities of *Meloidogyne hapla* on growth and yield of tomato. *Journal of Nematology* 9(4):229-300.
18. TAYLOR, A.L.; SASSER, J.N. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Trad. del inglés. Raleigh, Universidad de Carolina del Norte. 111 p.
19. WALLACE, H.R. 1971. The influence of the density of nematode populations on plants. *Nematologica* 17:154-166.