

Efectividad biológica del nematicida Nemmax en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.)

Melchor Cepeda-Siller¹
Ernesto Cerna-Chávez¹
Yisa María Ochoa-Fuentes¹
Miriam Desiré Dávila Medina¹
Fabiola Garrido Cruz^{1§}
Agustín Hernández Juárez¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Departamento de Parasitología. Calzada Antonio Narro núm. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. CP. 25315. Tel. 01(844) 4110326.

§Autor para correspondencia: fabygarrido@hotmail.com.

Resumen

Los nematodos fitoparásitos constituyen uno de los principales patógenos que afectan el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), reduciendo el rendimiento entre 10 y 70 %. El objetivo de este estudio, fue evaluar la efectividad biológica del nematicida de origen biológico Nemmax, para el control de *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp., asociados a este cultivo en Motozintla, Chiapas, en el año 2014. Se realizaron dos muestreos poblacionales, uno previo a la aplicación de tratamientos, y otro a los 120 días posteriores, obteniendo el número de nematodos en 100 g de suelo. Los tratamientos Nemmax (a dosis de 2, 4 y 6 L ha con 3 aplicaciones), NemaCur 400 CE (Fenamifos) (3 L ha⁻¹ una aplicación) y un testigo absoluto. En el control de *Meloidogyne incognita*, se observó diferencia significativa en el tratamiento 5 (133.2), que representa al testigo, ya que se observó un incremento en la población de los nematodos, comparado con los demás tratamientos, los cuales fueron iguales estadísticamente, presentándose las mismas diferencias para *Pratylenchus* spp. Con el nematodo *Dorylaimus* spp., se presentaron diferencias estadísticas, siendo el tratamiento 5 (249.6) con mayor diferencia, 4 (18), 1 (8.2), 2 (6) y 3 (3.4). El tratamiento 3, de Nemmax a dosis de 6 L ha⁻¹ fue el que presentó la menor población de los nematodos filiformes del género *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp.

Palabras clave: café, control biológico, nematodos fitopatógenos.

Recibido: enero de 2018

Aceptado: marzo de 2018

El café *Coffea* spp. (*Gentianales: Rubiaceae*) es originario de Etiopía, la introducción en México fue alrededor de 1 790 Medina *et al.* (2016). Los principales países productores de café en el mundo son Brasil con una producción de 3 019 051 t anuales, Vietnam con 1 460 800 t, Colombia con 745 084 t, Indonesia con 639 305 t, Etiopía con 469 091 t, Honduras 362 367 t, India con 348 000 t, Perú con 277 760, Guatemala con 236 145, Uganda con 203 535 y México con una producción de 151 714 t año⁻¹ (FAO, 2016).

En México, la superficie de cultivo es de 700 000 ha, siendo Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, los principales estados productores, que en conjunto aportan cerca de 90% de la producción (SIAP, 2016)

En nuestro país *Coffea arabica* L. ocupa poco más de 97% de la superficie cafetalera, en tanto que la especie *C. canephora* Pierre, se ubica en el resto de la superficie (AMECAFE, 2012).

Los nematodos fitoparásitos constituyen uno de los principales problemas fitosanitarios que afectan el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), causan reducciones del rendimiento que oscilan entre 10 y 70% (Gómez y Rivera, 1987). Numerosas especies de nematodos han sido señaladas en asociación con este cultivo; sin embargo, las especies de los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus* son las más ampliamente distribuidas y las que causan las mayores pérdidas en el cultivo (Inomoto *et al.*, 1998; Herrera y Marbán, 1999; Oliveira *et al.*, 1999; Campos y Villain, 2005).

Los nematodos representan un problema fitosanitario que va en incremento y desafortunadamente se dispone de pocos productos para su control, de acuerdo a lo anterior el objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad biológica del nematicida de origen biológico Nemmax, para el control de los nematodos *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp., asociados al cultivo del café.

Ubicación del experimento: el estudio se realizó en plantas de café de la variedad comercial Catuaí con historial de presencia de nematodos, ubicados en el Soconusco, municipio de Motozintla, Chiapas. La parte de laboratorio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila.

Productos: El producto Nemmax, de origen biológico con actividad nematicida contiene una mezcla de extractos de origen vegetal 40% (40 g L⁻¹), bacterias rizogénicas *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. 1x10⁸ UFC mL⁻¹ 10% (10 g L⁻¹), fósforo disponible 2% (2 g L⁻¹), zinc 1% (1 g L⁻¹), agentes quelatantes 1.5% (1.5 g L⁻¹), ácidos fulvicos 500 ppm (0.5 g L⁻¹), diluyentes y acondicionantes 45 (45 g L⁻¹) y el producto comercial NemaCur 400 CE (Fenamifos) con un equivalente a 35 g de IA L⁻¹ de producto.

Diseño experimental: se utilizó un diseño de bloques al azar, con 5 tratamientos y 5 repeticiones. Cada unidad experimental consistió de dos arbustos de café de 2 años de edad, con una distancia de plantación de 1 m de largo, la distancia entre bloques fue de 2 m y la parcela útil fue de 2 arbustos. Se realizó un análisis de varianza (Anova) y una prueba de comparación de medias por Tukey ($p=0.05$).

Muestreo inicial: se realizó un muestreo previo en dos arbustos de café por unidad experimental, con el fin de conocer la población de nematodos presente. Se tomó una muestra de 1 kg de suelo del tipo migajón limoso en el punto cardinal norte a una profundidad de 40 cm y se trasladó al

laboratorio de Nematología de la UAAAN. De cada muestra de 1 kg de suelo, se tomó una submuestra de 100 g de suelo para ser procesadas por la metodología del embudo de Baerman (Kleynhans, 1999). Los nematodos obtenidos se identificaron por medio de observaciones en microscopio estereoscópico y compuesto y claves taxonómicas.

Ensayos de campo: previo a la aplicación del producto Nemmax y Nematicur[®] 400 CE, se abrió una zanja alrededor de la zona de goteo de cada cafeto experimental, con el fin de que el producto al contacto con el sistema radicular. Los productos se aplicaron con una aspersora manual, con capacidad de 15 L marca Solo[®] posteriormente se cubrió con suelo.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados utilizados para el control de nematodos fitoparásitos del cafeto.

Tratamiento	Nematicida	Dosis (producto ha ⁻¹)
T1	Nemmax	2 L
T2	Nemmax	4 L
T3	Nemmax	6 L
T4	Nematicur [®] 400 CE (fenamifos)	3 L
T5	Testigo absolute	-

Durante el experimento, se realizó el mismo manejo agronómico, tales como el control de arvenses y enfermedades foliares. El nematicida Nematicur[®] 400 CE, se aplicó una vez en la etapa de amarre de fruto de la cereza del cafeto, al inicio del establecimiento del experimento y el nematicida Nemmax se aplicó tres veces, la primera en la etapa de amarre de fruto y las demás con intervalos de 15 días entre cada aplicación.

Muestreo final de población de nematodos: a los 120 días después de la última aplicación de los productos, en cada una de las unidades experimentales (dos árboles), se tomó una muestra de 1 kg de suelo de cada arbusto de cafeto, en el punto cardinal norte, en la zona de goteo a una profundidad de 40 cm, las dos sub muestras se mezclaron y sólo se tomó una muestra representativa de 1 kg de suelo. Las 25 muestras fueron remitidas al laboratorio de Nematología de la UAAAN, se analizaron 100 g de suelo de cada una, por la técnica del embudo de Baerman (Kleynhans, 1999). Los nematodos presentes con énfasis en los géneros *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp. se identificaron bajo los microscopios estereoscópico y compuesto y las claves taxonómicas.

Resultados del estudio

Población inicial de los nematodos fitoparásitos asociados al cafeto

Los resultados de la población inicial de fitoparásitos se muestran en el Cuadro 2. La mayor población correspondió a *Dorylaimus* spp. que fluctuó entre 78.59 a 118.4, seguido por *M. incognita* que fluctuó entre 42.6 a 77.4 y por último *Pratylenchus* spp. de 18.2 a 24.6, siendo la más baja en comparación con los otros géneros.

Cuadro 2. Población inicial de los nematodos fitoparásitos *M. incognita*, *Pratylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp. en cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Números de nematodos en 100 g de suelo		
	<i>M. incognita</i>	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Dorylaimus</i> spp.
T1	77.4 a	18.2 a	118.4 a
T4	60 b	18.79 a	108.4 a
T3	54 c	24.6 a	110.19 a
T2	46.8 c	22.79 a	98.8 a
T5	42.6 c	20.6 a	78.59 a

Los valores con la misma letra entre columnas no presentan diferencia estadística según la prueba de Tukey ($p=0.05$).

Resultados de la población final de nematodos fitoparásitos asociados al café

Los resultados obtenidos después de la aplicación de los nematicidas se observan en el Cuadro 3, la población de *M. incognita* disminuyó significativamente en comparación con la población inicial en los tratamientos (1, 2, 3, y 4) excepto en el testigo absoluto (T5). El tratamiento 3, fue el que presentó el mayor efecto nematicida sobre *M. incognita*. Okeniyi *et al.* (2010), reportaron efectos nematicidas con extractos vegetales hasta 100% sobre *M. incognita*. La población de *Pratylenchus* spp. también disminuyó significativamente, siendo el tratamiento 3 el que causó los mayores efectos de control sobre este nematodo.

Cuadro 3. Población final de los nematodos fitoparásitos *M. incognita*, *Pratylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp. en cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Números de nematodos en 100 g de suelo		
	<i>M. incognita</i>	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Dorylaimus</i> spp.
T1	4 bc	4 bc	6 bc
T2	3.4 bc	2.2 bc	4 c
T3	0.8 c	1.4 c	2.4 c
T4	5.6 b	6.6 b	13.4 b
T5	28.4 a	38 a	132.8 a

Los valores con la misma letra entre columnas no presentan diferencia estadística según la prueba de Tukey ($p=0.05$).

Kepekci *et al.* (2016) evaluaron *in vitro*, los extractos de las plantas indígenas *H. niger*, *M. azedarah* y *X. strumarium* sobre *Pratylenchus thornei*, mostrando una tasa de mortalidad de 100% después de 72 h de tiempo de exposición. Se puede observar que en el testigo absoluto T5 existe una diferencia significativa en comparación con los demás tratamientos mostrándose un aumento en la población inicial, el testigo comercial T4 se comportó similar a los tratamientos T1 y T2 respectivamente. En *Dorylaimus* spp. se observó una disminución significativa en su población final en todos los tratamientos excepto el testigo absoluto T5. El testigo comercial 4 mostró los niveles de control más bajos sobre este nematodo en comparación con los demás tratamientos. El tratamiento 2 y 3 presentaron los mayores efectos nematicidas.

Los resultados obtenidos concuerdan con Salazar *et al.* (2014) quienes evaluaron extractos vegetales de *Quassia amara* y *Brugmansia suaveolens* sobre *Meloidogyne* sp. alcanzando hasta 89% de mortalidad. Vinueza *et al.* (2006) evaluaron 15 extractos vegetales diferentes, logrando hasta 100% de mortalidad sobre *M. incognita*. Estos altos niveles de mortalidad han sido atribuidos por Rice y Coats (1994) a metabolitos secundarios presentes como aminoácidos y alcaloides. Carneiro *et al.* (1998) probaron 21 cepas de *Bacillus* spp. contra *Meloidogyne javanica* usando el sobrenadante, donde la cepa *B. brasiliensis* resultó efectiva en matar los juveniles y las cepas *B. aizawai* y *B. morrisoni* resultaron efectivas para inmovilizarlos. De igual forma Leyns *et al.* (1995) comprobaron la actividad nematicida de mezclas de esporas y cristales de tres aislados de Bt contra estadios juveniles y adultos de *Caenorhabditis elegans*.

Al analizar las muestras obtenidas del sistema radicular, después de la aplicación con nematicidas, no se encontraron nodulaciones en la raíz que habitualmente son causadas por hembras adultas de *M. incognita*, en ninguna de las muestras. Parada y Guzmán (1997), mencionan que el uso de extracto de papaya (*Carica papaya*) proporciona protección a las raíces de la infección por juveniles de *M. incognita*, por otra parte, mencionan que el extracto de ajo (*Allium sativum*), también reduce el grado de infección en las raíces de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Conclusiones

Los nematicidas biológicos evaluados redujeron significativamente las poblaciones de nematodos fitoparásitos demostrando ser una alternativa eficiente para el control de nematodos filiformes de los géneros *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp. La dosis 6 L ha⁻¹ de Nemaxx resultó ser la más eficaz sin mostrar fitotoxicidad. El testigo absoluto, presentó un incremento en la población de los nematodos en estudio, a la vez los frutales de cafeto presentaron síntomas de clorosis en las hojas y escaso desarrollo en los brotes del año.

En el sistema radicular de cada una de las unidades experimentales, no se encontraron nódulos radiculares, que habitualmente lo ocasionar *Meloidogyne incognita*.

Literatura citada

- AMECAFE. 2012. Asociación mexicana de la cadena productiva del café. www.spcafe.org.mx/wb3/wb/spc/spc-amecafe.
- Campos, V. and Villain, L. 2005. Nematode parasite of coffee and cocoa. *In: plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Luc, M.; Sikora, R. A. and Bridge, J. (Eds.). CAB International, Wellingford, UK. 529-579 pp.
- Carneiro, R. M.; Souza, I. S. and Belarmino, L. C. 1998. Nematicidal activity of *Bacillus* spp. strains on juveniles of *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira*. 22(1):12-21.
- FAO. 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Gómez, A. y Rivera, H. 1987. Descripción de malezas en plantaciones de café. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 481 pp.
- Herrera, I. y Marbán, M. N. 1999. Efecto de coberturas vivas de leguminosas en el control de algunos fitonematodos del café en Nicaragua. *Nematropica*. 29:223-232.

- Inomoto, M.; Oliveira, M.; Mazzafera, P. and Goncalves, W. 1998. Effects of *Pratylenchus brachyurus* and *P. coffeae* on seedlings of *Coffea arabica*. J. Nematol. 30:362-367
- Kepenekci, İ.; Toktay, H.; Saglam, H. D.; Erdogus, D. and İmren, M. 2016. Egyptian J. Biol. Pest Control. 26(1):119-121.
- Kleynhans, K. P. N. 1999. Collecting and preserving nematodes: a manual of nematology. ARCPlant Protection Research Institute, South Africa.
- Leyns, F.; Borgonie, G.; Arnaut, G. and De Waele, D. 1995. Nematicidal activity of *Bacillus thuringiensis* isolates. Fundam. Appl. Nematol. 18(3):211-218.
- Medina, M. J. A.; Ruiz, N. R. E.; Gómez, C. J. C.; Sánchez, Y. J. M.; Gómez, A. G. y Pinto, M. O. 2016. Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. CienciaUAT. 10(2):33-43.
- Oliveira, C.; Inomoto, M.; Vieira, A. e Monteiro, A. 1999. Efeito de densidades populacionais de *Pratylenchus brachyurus* no crescimento de plântulas de *Coffea arabica* cv. Mundo novo e *C. canephora* cv. Apoatá. Nematropica. 29:215-221.
- Okeniyi, M. O. 2010. Effect of botanical extracts on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) infection and growth of cacao seedlings. J. Appl. Biosc. 3:2346-2352
- Parada, R. Y. y Guzmán, R. F. Evaluación de extractos botánicos contra el nematodo *Meloidogyne incognita* en frijol (*Phaseolus vulgaris*). Agron. Mesoam. 8(1):108-114.
- Rice, P. J. and Coats, J. R. 1994. Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: *Muscidae*), red flour beetle (Coleoptera: *Tenebrionidae*) and southern maize rootworm (Coleoptera: *Chrysomelidae*). J. Econ. Entomol. 87(1):172-179.
- Salazar, A. W. and Guzmán, H. T. 2014. Efecto nematicida de extractos de *Quassia amara* y *Brugmansia suaveolens* sobre *Meloidogyne* sp. asociado al tomate en Nicaragua. Agron. Mesoam. 25(1):111-119.
- SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://infosiap.siap.gob.mx/agricola-siap-gb/icultivo/index.jsp>.
- Vinueza, S.; Crozzoli, R. y Perichi, G. 2006. Evaluación *in vitro* de extractos acuosos de plantas para el control del nemátodo agallador *Meloidogyne incognita*. Fitopatol. Venezuela. 19:26-31.