

ACTIVIDAD NEMATICIDA DE EXTRACTOS BOTÁNICOS CONTRA *Meloidogyne incognita* (KOFOID Y WHITE) EN OKRA (*Hibiscus esculentus* L. MOENCH)

NEMATOCIDAL ACTIVITY OF PLANT EXTRACTS AGAINST *Meloidogyne incognita* (KOFOID Y WHITE) IN OKRA (*Hibiscus esculentus* L. MOENCH)

Sergio Ayvar Serna¹, José Francisco Díaz Nájera^{2*}, Omar Guadalupe Alvarado Gómez³, Israel Velázquez Millán¹, Arturo Peláez Arroyo² y Manuel Alejandro Tejeda Reyes².

¹ Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Avenida Vicente Guerrero Núm. 81. Iguala, Guerrero, C.P. 40000.

² Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México C.P. 56230.

³ Facultad de Agronomía, UANL. Francisco Villa s/n C.P. 66050. Colonia Exhacienda "El Canadá", Escobedo, N.L.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivos: i) estudiar el efecto diferentes fitoextractos, sobre el desarrollo de plantas de okra inoculadas con *Meloidogyne incognita* y el control del nematodo y ii) determinar el daño causado por el nematodo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos en estudio fueron: extractos de ajo, chile picante, canela, *Allium canadense*, un control con *M. incognita* y un testigo absoluto. La unidad experimental fue una bolsa de polietileno, con capacidad de 3 kg (20×15 cm). A los 20 días después de la siembra (dds) se inocularon 3,040 huevos maceta⁻¹; 75 dds se evaluó: altura de la planta, peso fresco de la raíz, diámetro del tallo, número de agallas en 10 g de raíz y número de larvas en 100 g de suelo. Las plantas tratadas con extractos de: ajo, chile picante y canela, (Qanum y PROGRANIC[®]GAMMA) exhibieron un mejor desarrollo, mostraron también reducción del número de agallas en la raíz (11.5 y 20.5%) y número de larvas (66.7%). *M. incognita* causó daños en plantas de okra, y provocó decrementos en el diámetro del tallo (50%) y altura de la planta (43.3%). El tratamiento control de *M. incognita* registró la mayor incidencia de huevos y larvas.

Palabras clave: *Meloidogyne incognita*, *Hibiscus esculentus* L., control orgánico.

ABSTRACT

The present research had as objectives: i) to study the effect of different phytoextracts, on the development of okra plants inoculated with *Meloidogyne incognita* and on nematode control and ii) to determine the damage caused by the nematode. A completely randomized experimental design with four replicates was used. Treatments under study were extracts of garlic, spicy chili, cinnamon, *Allium canadense*, a *M. incognita* control and an absolute witness. The experimental unit was a 3 kg polyethylene bag (20 × 15 cm). Twenty days after sowing (dds), 3,040 pot⁻¹ eggs were inoculated; after 75 dds, plant height, fresh root weight, stem diameter,

number of galls in 10 g of root and number of larvae in 100 g of soil were evaluated. Plants treated with garlic, chili pepper and cinnamon extracts (Qanum and PROGRANIC[®]GAMMA) showed a better development, as well as number of root galls (11.5 and 20.5%) and the number of larvae (66.7%). *M. incognita* caused damage to the okra plants, a decrease in stem diameter (50%) and plant height (43.3%). Control treatment of *M. incognita* recorded the highest incidence of eggs and larvae.

Key words: *Meloidogyne incognita*, *Hibiscus esculentus* L., organic control.

INTRODUCCIÓN

Los frutos inmaduros de la okra (*Hibiscus esculentus* L.) mejor conocidos como "quingombó", tienen importancia mundial por su utilidad en la alimentación humana y en la preparación de ciertas sopas, salsas, guisos y algunas ensaladas. En México, en el 2015 la superficie cultivada de okra fue de 1,074 ha, con una producción de 9,674.24 t y un rendimiento de 9 t ha⁻¹. Los principales estados productores de okra en México son (t ha⁻¹): Tamaulipas (4,635), Morelos (3,688), Guerrero (1,078) y Michoacán (272); por su parte, el estado de Guerrero contribuye con una superficie sembrada de 123 ha y un rendimiento de 8.77 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). El cultivo de la okra se introdujo al Valle de Iguala en 1966. Durante los 90's y principios del 2000 en el valle de Iguala se cultivaron 782 has, con volúmenes de producción de 8.6 t ha⁻¹ (López, 1986).

Las plantaciones de okra presentan mermas considerables en los rendimientos, debido a plagas y enfermedades. Se consideran que las moscas blancas, el gusano rosado y los áfidos son las plagas de mayor importancia en México para este cultivo, por lo cual, se utilizan medidas de control fitosanitarias para obtener buena calidad de los frutos. Por otro lado, las enfermedades de la okra presentes en México han sido la pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.), pudrición de raíz (*Rhizoctonia solani* (Kuhn),

*Autor para correspondencia: José Francisco Díaz Nájera
Correo electrónico: apigro1988@hotmail.com

Recibido: 26 de febrero de 2017

Aceptado: 31 de julio de 2017

marchitez sureña (*Sclerotium rolfsii* (Curzi) West), marchitez de la okra (*Fusarium solani* (Mart.) Apple & Woll.), la cenicilla polvorienta (*Erysiphe cichoracearum* DC.) y el nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.) (De la Torre et al., 2004; Díaz et al., 2007). El nematodo agallador del género *Meloidogyne* spp., se encuentran dentro de los diez géneros más importantes de nematodos parásitos del mundo y son plagas importantes del suelo que dañan los cultivos y disminuyen significativamente los rendimientos, (Wang et al., 2007; Kayani et al., 2013); pueden ser responsables de grandes pérdidas en plantaciones de okra de hasta un 27% (Sikora y Fernández, 2005), al dañar los pelos absorbentes de la raíz y reducir su actividad para absorber agua y nutrientes, además, favorecen la infección de hongos del suelo a través de las heridas ocasionadas al penetrar y alimentarse de la raíz. Dentro de este género, destaca con una mayor incidencia *Meloidogyne incognita*, la cual es una de las principales limitaciones para la okra (Kayani et al., 2013), dado que se trata de una especie polífaga con amplia distribución y frecuencia; con una gran capacidad de resistencia a condiciones ambientales desfavorables; el grado de parasitismo; y a su reproducción parte no genética que presenta (Carrillo, 2011).

Existen diferentes métodos de control que permiten mantener una baja densidad de nematodos, sin que estos causen daños y afecten la rentabilidad del cultivo. El uso de productos sintéticos es el método más utilizado, debido a los resultados inmediatos que se obtienen; sin embargo, presenta diversos inconvenientes, tales como; riesgos de fitotoxicidad, contaminación de aguas subterráneas, alimentos y el medio ambiente (Olabiyi, 2005; Ibrahim et al., 2014). Actualmente, una alternativa agrícola ha sido el uso de nematocidas botánicos (extractos vegetales), los cuales tienen varias sustancias nematocidas como triglicéridos, sesquiterpenos, alcaloides, esteroides, diterpenos, flavonoides y saponinas, útil en sistemas de producción orgánica y ayudan a prescindir el uso de nematocidas químicos en agricultura convencional (Javed et al., 2007; Oka, 2010; Ibrahim et al., 2014); la mayoría de extractos vegetales pueden ser elaborados por el mismo productor. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue: i) estudiar diferentes extractos botánicos, sobre el desarrollo de plantas de okra inoculadas con *Meloidogyne incognita*, ii) determinar el daño causado por el nematodo en el cultivo, iii) conocer la capacidad reproductiva del nematodo en el cultivo y iv) evaluar el efecto de los extractos botánicos sobre *M. incognita*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

La presente investigación aplicada se realizó en el invernadero del área de Fitopatología de Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro), localizado en la zona norte del estado de Guerrero, en el municipio de Cocula entre las coordenadas 18° 19' N, 99° 39' O, a una altitud de 640 m.

Material vegetal

El material biológico utilizado fue Okra, variedad Clemson Spineless. Es la variedad que tiene mayor aceptación en el mercado extranjero cuyas características del fruto es de una longitud aproximada de 6 hasta 10 cm. Su color es verde oscuro, posee aristas longitudinales. La planta de esta variedad tiene una altura entre 1.00 m y 1.80 m (Ruiz, 2005).

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos en estudio consistieron en: a) extractos de PROGRANIC[®]GAMMA, b) extractos de AJICK[®], c) extractos de Edoca allium[®], d) extractos de Qanum, e) *M. incognita* y f) testigo absoluto, los cuales se describen en el Tabla 1. Los tratamientos evaluados se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones, generándose un total de 24 unidades experimentales. La unidad experimental fue una bolsa de polietileno de color negro, con capacidad para 3 kg (20 × 15 cm).

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el control del nematodo agallador en el cultivo de okra (*Hibiscus esculentus* L.) en Cocula, Guerrero.

Table 1. Treatments used for the root-knot nematode control in okra (*Hibiscus esculentus* L.) cultivation in Cocula, Guerrero.

Simbología	Descripción	Dosis (200 L de agua)
T1	<i>Meloidogyne incognita</i> + extractos de ajo, chile picante y canela (PROGRANIC [®] GAMMA) *	3.0 L
T2	<i>Meloidogyne incognita</i> + extracto de ajo (AJICK [®]) *	3.0 L
T3	<i>Meloidogyne incognita</i> + extracto de <i>Allium canadense</i> (Edoca allium [®]) *	2.0 L
T4	<i>Meloidogyne incognita</i> + extracto de canela (Qanum)*	3.0 L
T5	Control**	-
T6	Testigo absoluto	-

*3,040 huevos inoculados por unidad experimental ***Meloidogyne incognita* sin extractos

Preparación del sustrato

Se utilizó como sustrato tierra lama, la cual se mezcló con materia orgánica en una proporción 1:2, se esterilizó en tambos de plástico con formol 1 L tel⁻¹ de 200 L; procurando humedecer en totalidad cada capa de tierra lama. Se tapó herméticamente y se dejó 48 h; posteriormente, se realizó el llenado de manera homogénea de las 24 macetas con 3 kg (bolsas de polietileno).

Siembra y riego

La siembra se realizó de forma directa (11/08/2014), depositando 3 semillas por maceta, distribuidas en el centro; se aplicó un riego ligero para favorecer la germinación. Los riegos se realizaron cada tercer día, con una dosis de 450 mL de agua para mantener humedad permanente en la maceta, procurando que esta no fuera excesiva para evitar enfermedades de origen fungoso. A los 20 días después de la siem-

bra, se procedió a la inoculación del nematodo, vaciando 27 mL maceta⁻¹ de la suspensión de huevos, distribuidos en tres orificios de 10 cm de profundidad. De esta manera a cada maceta se le inocularon 3,040 huevos distribuidos alrededor de la base de la planta.

Nematodo

Una población de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) previamente identificada (Peláez *et al.*, 2017) y obtenida de un invernadero de jitomate ubicado en Malinalteango, Ixtapan de la sal estado de México (18°78'41.67" LN y 99°71'16.67" LO a 1700 msnm), se aisló para su cría y reproducción *in vivo* en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicon* L.) cv. Río grande en bolsas de polietileno con capacidad de 3 kg (20 × 15 cm) en condiciones de invernadero en el área de Fitopatología del CSAEGro.

Obtención del inóculo

Se lavaron las raíces con agua corriente; se cortaron en trocitos de 1 cm de longitud; se pesaron diez g que se colocaron en una batidora; posteriormente se agregaron 20 mL de hipoclorito de sodio (5%) y 180 mL de agua destilada, batiéndose durante 3 minutos. Posteriormente se filtró por los tamices de 100 y 200 mallas; después, se pasó cuatro veces por el tamiz de 400 mallas donde quedaron retenidos los huevos y almacenados en un vaso de precipitado; la suspensión de huevos se aforó a 200 mL. Del vaso de precipitado se tomó una alícuota de 1 mL de la suspensión de huevos y con ayuda de las cuadrículas de una caja contadora de disección se realizó el conteo en el microscopio compuesto (Taylor, 1983; Cervantes-Moreno, 2014). A los 20 días después de la siembra, en 24 bolsas de polietileno se procedió a la inoculación del nematodo, vaciando 105 mL maceta⁻¹ de la suspensión de huevos, distribuidos en 5 orificios de 10 cm de profundidad. De esta manera se inocularon 3,040 huevos a cada maceta.

VARIABLES EN ESTUDIO

Para evaluar el efecto de los tratamientos, se midieron las siguientes variables:

Peso fresco de la raíz. Una vez que se extrajo la raíz, del suelo de la maceta, se limpió con cuidado para quitarle la tierra y se pesó en estado fresco.

Número de agallas por raíz. Se contaron todas las agallas en las raíces dañadas por planta.

Diámetro del tallo. Se midió con auxilio de un vernier el diámetro del cuello del tallo tomando precaución de medir siempre la misma posición.

Altura de la planta. Esta variable se midió hasta el término del experimento, con el auxilio de flexómetro de un metro de longitud, las medidas se tomaron a partir de la base del tallo hasta la yema apical.

Número de huevos en 10 g de raíz. Se realizó la extracción y conteo de larvas en 20 g de raíz, utilizando el mismo procedimiento (Ayvar, 1988) anteriormente descrito en la preparación de inóculo del nematodo.

Número de larvas en 100 g de suelo. Se realizó basándose en la técnica del embudo de Baermann modificado por Ayvar (1988). Se pesaron 100 g de suelo agregándolos en un recipiente de 1 L de agua potable, se agitó hasta desbaratar el suelo; después de un corto periodo de reposo, la suspensión de la cubeta se pasó por los tamices de 20 y 30 mallas, colectándolo en otro recipiente, para posteriormente pasarlos por los tamices de 100 y 200 mallas y por último cuatro veces por los tamices de 400 mallas; el contenido retenido en el tamiz de 400 mallas se arrastró a un vaso de precipitado aforando a 50 mL con agua potable; la suspensión se transfirió a un embudo de plástico, el cual en el fondo tenía un papel filtro para dejar la suspensión más pura de residuos de suelo, la solución se depositó en matraz de 200 mL. Después de 48 horas, todas las larvas activas de nematodos habían pasado a través del papel filtro hacia el fondo de la botella. Se colectó un mL de la suspensión final y con ayuda de una cámara de Neubauer se realizó el conteo en el microscopio compuesto para hacer el cálculo del número de larvas en 100 g de suelo.

Las variables en estudio se sometieron al análisis de varianza y una prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el programa SAS (Statistical Analysis System), de acuerdo con el modelo estadístico del diseño experimental completamente al azar (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de la raíz fresca

En relación a la variable peso de la raíz fresca, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0.1934$). Numéricamente, el tratamiento control (T5) registró el mayor peso de la raíz fresca, con 28.8% más peso en comparación con el testigo absoluto (Tabla 2). El tratamiento que obtuvo un peso similar al tratamiento control (25.50 g) fue *M. incognita* + extracto de canela (Qanum) con 25.75 g, incluso registró un 20.3% menos peso que el tratamiento control (Tabla 2). Diversos autores mencionan que el extracto vegetal de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) han demostrado actividad nematocida y un potencial extracto botánico sustituto de insecticidas sintéticos (Pavaraj *et al.*, 2012; Paranagama *et al.*, 2003), por lo que se sugiere que el efecto del extracto de canela afectó el comportamiento normal de las hembras de *Meloidogyne incognita*, impidiendo parcialmente la formación de agallas en la raíz, obteniendo un peso y desarrollo radicular normal. En contraste, Arreola *et al.* (2014), en un trabajo reportado de efecto de extractos vegetales sobre Chile habanero inoculado con *Meloidogyne incognita*, demostró que en plantas tratadas con extractos vegetales, las raíces ganaron mayor peso, que en los demás tratamientos.

Número de agallas en la raíz

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), no existen diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con *M. incognita*, no obstante, se aprecia que los extractos vegetales redujeron el número de agallas hasta en un 20.5% respecto al tratamiento control

Tabla 2. Medias de las variables evaluadas en el control del nematodo agallador con extractos botánicos en el cultivo de okra (*Hibiscus esculentus* L.) en Cocula, Guerrero.

Table 2. Means of the evaluated variables in the root-knot nematode control for the okra (*Hibiscus esculentus* L.) cultivation in Cocula, Guerrero.

Tratamiento	Variable en estudio			
	PRF (g)	NAR	DT (mm)	AP (cm)
T1	10.12 a	239.50 a	4.50 ab	19.25 a
T2	10.25 a	258.75 a	3.75 b	18.50 a
T3	10.25 a	261.25 a	3.75 ab	18.00 a
T4	9.75 a	215.25 a	5.25 ab	22.00 a
T5	12.24 a	270.75 a	3.25 ab	17.00 a
T6	9.50 a	0 b	6.25 a	30.00 a
DMS	3.38	57.70	2.93	15.62

Promedios con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$)

T1= *M. incognita* + extractos de ajo, chile picante, canela (PROGRANIC[®]GAMMA), T2= *M. incognita*+ extracto de ajo (AJICK[®]), T3= *M. incognita* + extracto de *Allium canadense* (Edoca allium[®]), T4= *M. incognita* + extracto de canela (Qanum), T5= Control, T6= Testigo absoluto, NAR= número de agallas en la raíz, PRF= peso de la raíz fresca, DT= diámetro del tallo, AP= altura de la planta, NFP= número de frutos por planta.

(T5), el cual mostró el mayor número de agallas en la raíz de la planta de okra (270.75). Todos los tratamientos con extractos vegetales numéricamente evidenciaron menor número de agallas en la raíz con respecto al control. Los mejores resultados de extractos botánicos se observaron en los tratamientos *M. incognita* + extractos de ajo, chile picante, canela (PROGRANIC[®]GAMMA) y *M. incognita* + extracto de canela (Qanum), indicando ser los tratamientos que proporcionan mayor protección a las raíces, los cuales obtuvieron un 11.5 y 20.5% menos agallas en la raíz en comparación al control (Tabla 2). Se conoce que diversos componentes fitoquímicos de extractos botánicos, como el chile y canela ejercen acción nematicida, incluyendo repelentes, inhibidores de la eclosión y nematotóxicos (Akhtar y Mahmood, 1994; Chitwood, 2002; Salim et al., 2016). Alshalaby et al. (2003), demuestran que los extractos vegetales inhiben significativamente el número de agallas; así mismo, Seo et al. (2012), indicó que los componentes del extracto de *Cinnamomum aromaticum* (cinamaldehído) aplicados a 0.5 y 1.0 mg (g suelo)⁻¹ redujeron significativamente el número de agallas causadas por *M. incognita*.

Diámetro del tallo

Los tratamientos resultaron con diferencias altamente significativas ($P=0.0001$). La prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), indicó que los tratamientos con el menor diámetro del tallo fueron el *M. incognita* + extracto de ajo (Edoca allium[®]), *M. incognita* + extractos de ajo, chile picante, canela (PROGRANIC[®]GAMMA) y el control; demostrando que la infección por el nematodo agallador llega a provocar una reducción hasta de un 50% para esta variable, evidenciando el gran potencial dañino del nematodo *M. incognita* en okra.

Por otro lado, el testigo absoluto obtuvo los mejores resultados, con 6.25 mm, seguido de los tratamientos *M. incognita* + extracto de canela (Qanum) y *M. incognita* + extracto de ajo (AJICK[®]) con valores de 5.25 y 4.50 mm respectivamente (Tabla 2). La protección por parte del extracto botánico de canela y ajo, reflejaron los mejores promedios, al impedir una infección completa en el área radicular obteniendo un diámetro del tallo similar al de una planta sana. Los resultados de la presente investigación concuerdan con lo reportado por Parada y Guzmán (1997), donde indican el uso exitoso de extracto de ajo con la mayor mortalidad de juveniles y reducción del grado de infección en las raíces de las plantas de frijol. Park et al. (2005), en un estudio de la actividad nematicida de extractos vegetales de canela y ajo, mencionan que el extracto de canela (*Cinnamomum verum*) fue uno de los nematicidas más potentes, causando mortalidad en juveniles hasta en un 100% en concentraciones de 125 $\mu\text{L L}^{-1}$.

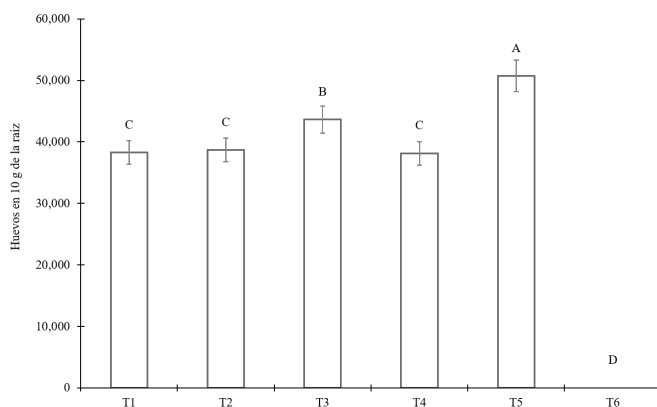
Altura de la planta

Para esta variable el análisis de varianza no reflejó diferencias significativas ($P=0.253$). Sin embargo, se puede observar que al inocular únicamente *M. incognita* sin extractos (T5), el nematodo causa una alteración fisiológica dañina por la constante irritación de la planta (Arauz, 1998), con un decremento del 43.3% en la altura. El tratamiento con el mayor promedio fue el testigo absoluto, seguido de *M. incognita* + extracto de canela (Qanum), con valores de 30 y 22 cm respectivamente, siendo el extracto botánico que expresó mayor actividad nematicida en esta variable, reduciendo el daño del nematodo en 16.7%. Kankam et al. (2015), en un trabajo con aplicaciones de extracto de semilla de sésamo en el cultivo de okra para el control del nematodo agallador (*M. incognita*), demostraron que, con aplicaciones de dicho extracto se logran plantas más altas, debido al efecto inhibitorio que causa el extracto sobre la densidad y el desarrollo de los nematodos; por su parte Nguyen et al. (2012), en su estudio señala efectos antagónicos de *Cinnamomum aromaticum* contra *Meloidogyne incognita*, al demostrar inhibición del 100% en larvas J2 después de 50 minutos de incubación.

Número de huevos en 10 g de raíz

Para esta variable se observaron diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) por efecto de los tratamientos en comparación al tratamiento control (T5). Según las observaciones de la comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$) las poblaciones expuestas a extractos botánicos nocivos, registraron menores huevos en la raíz de okra; diversos autores (Akhtar y Mahmood, 1994; Chitwood, 2002; Salim et al., 2016) sugieren que los extractos vegetales ejercen una acción contra la eclosión de huevos, llegando a la aseveración que dichos extractos disminuyeron la reproducción de las hembras y eclosión de los huevos. Los valores más bajos se encontraron en los tratamientos *M. incognita* + extractos de ajo, chile, picante, canela (PROGRANIC[®]GAMMA), *M. incognita* + extractos de ajo (AJICK[®]) y *M. incognita* + extractos de canela (Qanum); los cuales provocaron una reducción de un

24.5, 23.7 y 24.8%, en el número de huevos en comparación al tratamiento control (Figura 1). Estas observaciones indican que la variable número de huevos fue limitada de manera parcial, probablemente porque el huevo es la etapa más resistente en el ciclo de vida del nematodo, quizá debido a su estructura de tres capas (Wharton, 2002). En contraste, las poblaciones que no se sometieron a extractos vegetales, al no tener algún factor crítico limitante presentaron la mayor cantidad de huevos (Cabrera *et al.*, 2015). Seo *et al.* (2012), demostró que *Cinnamomum aromaticum* incrementó la inhibición de eclosión de *M. incognita*. Abbas *et al.* (2009), en un trabajo similar de actividad nematocida de extractos botánicos contra *Meloidogyne javanica* demuestran que la aplicación de *Cinnamomum tamala* en un diámetro de 2.5 cm, redujo el 100% la eclosión de una masa de huevos y aumentó la tasa de mortalidad del nematodo, debido a sus compuestos nematocidas, como el felandreno y eugenol. Las aplicaciones de extractos botánicos, pueden estimular y cambiar la fisiología de las células y el tejido de la planta para repeler a los nematodos parásitos (Resha y Rani, 2015).



T1= *M. incognita* + extractos de ajo, chile picante y canela (PROGRANIC[®]GAMMA), T2= *M. incognita*+ extracto de ajo (AJICK[®]), T3= *M. incognita* + extracto de *Allium canadense* (Edoca allium[®]), T4= *M. incognita* + extracto de canela (Qanum), T5= Control, T6= Testigo absoluto.

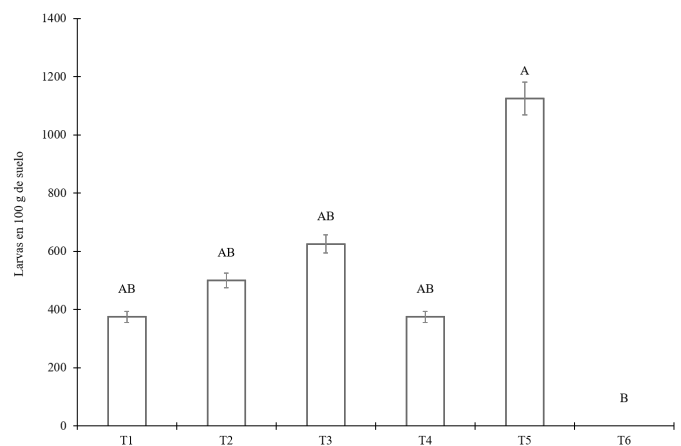
Figura 1. Efecto de los extractos botánicos sobre el número de huevos de *Meloidogyne incognita* en la raíz del cultivo de okra (*Hibiscus esculentus* L.) en Cocula, Guerrero.

Figure 1. Effect of botanical extracts on the *Meloidogyne incognita* number of eggs at the root of okra (*Hibiscus esculentus* L.) cultivation in Cocula, Guerrero.

Número de larvas en 100 g de suelo

Para esta variable se encontraron diferencias significativas ($P=0.0365$), evidenciando estadísticamente (Tukey $P<0.05$) que el tratamiento control (T5) obtuvo el mayor número de larvas (1,125). En contraste, en los tratamientos *M. incognita* + extractos de ajo, chile, picante, canela (PROGRANIC[®]GAMMA) y *M. incognita* + extracto de canela (Qanum) se registró la mayor actividad antagónica, porque lograron reducir un 66.7% el número de larvas con respecto al tratamiento control (Figura 2). Los extractos vegetales no impidieron por completo el desarrollo de las larvas; proba-

blemente porque estos productos solo paralizan los nematodos sin provocarles la muerte (nematísticos), afectando su movimiento, eclosión, reproducción, etc., de manera parcial (Marbán y Thomason, 1985), lo que indica que estos productos a la dosis evaluada tienen bajo efecto sobre la eclosión de huevos. Seo *et al.* (2012), señalan que el acetato de cinamilo (compuesto activo de *Cinnamomum aromaticum*) expresa un efecto inhibitorio sobre el movimiento de juveniles dependiendo del tiempo y la concentración del extracto, por lo que, sugieren que su efecto antagónico podría ser útil como bionematocidas. Ramezani y Bakhshi (2015), en una investigación similar del manejo *M. incognita* con extractos vegetales en el cultivo de girasol, obtuvieron más del 77% de reducción en la población de nematodos resultados similares a los obtenidos en la presente investigación.



T1= *M. incognita* + extractos de ajo, chile picante y canela (PROGRANIC[®]GAMMA), T2= *M. incognita*+ extracto de ajo (AJICK[®]), T3= *M. incognita* + extracto de *Allium canadense* (Edoca allium[®]), T4= *M. incognita* + extracto de canela (Qanum), T5= Control, T6= Testigo absoluto, DMS= diferencia mínima significativa.

Figura 2. Efecto de los extractos botánicos sobre el número de larvas de *Meloidogyne incognita* en 100 g de suelo del cultivo de okra (*Hibiscus esculentus* L.) en Cocula, Guerrero.

Figure 2. Effect of botanical extracts on the *Meloidogyne incognita* number of larvae per 100 g of soil in okra (*Hibiscus esculentus* L.) cultivation in Cocula, Guerrero.

CONCLUSIONES

El presente estudio reveló que el extracto de canela (Qanum) y extractos de ajo, chile, picante, canela PROGRANIC[®]GAMMA ejercen una actividad nematocida en *Meloidogyne incognita*. Las plantas tratadas con extracto de ajo, chile picante y canela (Qanum y PROGRANIC[®]GAMMA) exhibieron un mejor desarrollo, mostrando también reducción en el número de agallas en la raíz, número de huevos y número de larvas. *M. incognita* causó daños significativos en el desarrollo de las plantas de okra, provocando decrementos de 50 y 43.3% en el diámetro del tallo y altura de la planta respectivamente. Las poblaciones de *M. incognita* que no se trataron con extractos vegetales, presentaron la mayor incidencia de huevos y larvas.

REFERENCIAS

- Aballay, E. e Insunza, B. 2002. Evaluación de plantas con propiedades nematocidas en el control de *Xiphinema index* en vid de mesa cv. Thompson Seedless en la zona central de Chile. *Agricultura Técnica*. 62(3): 357-365.
- Akhtar, M. y Mahmood, I. 1994. Potentiality of phytochemicals in nematode control: a review. *Bioresource Technology*. 48(3): 189-201.
- Abbas, S., Dawar, S., Tariq, M. y Zaki, M. J. 2009. Nematicidal activity of spices against *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood. *Pakistan Journal of Botany*. 41(5): 2625-2632.
- Arreola, L.E., Ayvar S.S., Mena B.A. y Díaz N.J.F. 2014. Efecto de extractos Neem, Ajo, Cebolla y Cempasúchil sobre Chile habanero inoculado con *Meloidogyne incognita* (Chit.) Kof. *Foro de Estudios sobre Guerrero. Alimentos*. 1(2): 13-18.
- Alshalaby, M.E.M. y Noweer, E.M.A. 2003. Effects of five plant extracts on the reproduction of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) infested peanut under field condition. *Journal of Agricultural Science*. 28(12): 7447-7454.
- Ayvar, S.S. 1988. Respuesta de 10 variedades de tomate a la infección individual y combinada de *Meloidogyne incognita* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. De México, México. 103 p.
- Cavallini, L.F.A. 1998. *Fitopatología: Un Enfoque Agroecológico*. San José, Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. 23 p.
- Cabrera, H.A.J., Valadez, M.E. y Marbán, M.N. 2015. Efecto del fluensulfone sobre la movilidad in vitro, y la reproducción y agallamiento de *Nacobbus aberrans* en microparcelas. *Nematropica*. 45(1): 59-71.
- Carrillo, F.J.A. 2011. Manejo del nematodo agallador en hortalizas. *Revista 2000agro*. pp. 18-21.
- Cervantes-Moreno, R., Rodríguez-Pérez, J.E., Carrillo Fonseca, C., Sahagún-Castellanos, J., y Rodríguez-Guzmán, E. 2014. Tolerancia de 26 colectas de tomates nativos de México al nematodo *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 20(1): 05-18.
- Chitwood, D.J. 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology*. 40: 221-249.
- Díaz F.A., Loera G.J., Rosales R.E., Alvarado C.M. y Ayvar S.S. 2007. Producción y tecnología de la Okra (*Abelmoschus esculentus*) en el noreste de México. *Agricultura técnica en México*. 33(3): 297-307.
- Ibrahim, H.S., Hamouda, S.E.S., El-kady, A.M.A., y Abd-Alla, H.I. 2014. Study the nematicidal efficiency of *Corchorus olitorius*, *Cinnamomum camphora*, *Portulaca oleraceae* and *Lantana camara* extracted saponins and their formulations on root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. *Nature and Science*. 12(11): 40-45.
- Javed, N., Gowen, S.R., Inam-ul-Haq, M., Abdullah, K. y Shahina, F. 2007. Systemic and persistent effect of neem (*Azadirachta indica*) formulations against root-knot nematodes, *Meloidogyne javanica* and their storage life. *Crop Protection*. 26(7): 911-916.
- Julio, L.F., González, C.A., Burillo, J., Díaz, C.E., y Andrés, M.F. 2017. Nematicidal activity of the hydrolate byproduct from the semi industrial vapor pressure extraction of domesticated *Artemisia absinthium* against *Meloidogyne javanica*. *Crop Protection*. 94: 33-37.
- Kankam, F., Kunedeb S.E.N., Alhassan A. 2015. Management of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) on okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) with aqueous sesame seed extract. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 6(8): 24-31.
- López, E.M. 1986. Evaluación del daño que causa el nematodo agallador *Meloidogyne incognita* en el cultivo de la okra (*Hibiscus esculentus* L.) en el valle de Iguala Gro. Tesis de licenciatura. Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Gro. 82 p.
- Marbán M.N. y Thomason J.I. 1985. *Fitopatología avanzada I*. (Eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México. pp. 37-45.
- Nguyen, D.M.C., Seo, D.J., Kim, K.Y., Kim, T.H. y Jung, W.J. 2012. Nematode-antagonistic effects of *Cinnamomum aromaticum* extracts and a purified compound against *Meloidogyne incognita*. *Nematology*. 8: 913-24.
- Olabiya, I.I. 2005. Application of plant materials in the control of nematode pests of tomato in aural areas of Nigeria: A case Study. *African-Asian Journal of Rural Development*. 38(1): 49-55.
- Oka, Y. 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments—a review. *Applied Soil Ecology*. 44(2): 101-115.
- Parada, R.Y. y Guzmán R.F. 1997. Evaluación de extractos botánicos contra el nematodo *Meloidogyne incognita* en frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomía Mesoamericana*. 8(1): 108-114.
- Park, I.K., Park, J.Y., Kim, K.H., Choi, K.S., Choi, I.H., Kim, C.S., y Shin S.C. 2005. Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology*. 7(5): 767-774.
- Pavaraj, M., Bakavathiappan, G. y Baskaran, S. 2012. Evaluation of some plant extracts for their nematicidal properties against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Journal of Biopesticides*. 5: 106-110.
- Peláez, A.A., Ayvar S.S., Maya, P.E. y Escobar, M.R. 2017. Efecto de fitoextractos contra el nematodo agallador en el cultivo de jitomate. *Foro de Estudios sobre Guerrero. Alimentos*. 3(4): 17-22.
- Ramezani H. y Bakhshi K.J. 2015. Nematicidal activity of some natural products against root – knot nematode on sunflower. *International Journal of Phytotherapy*. 5(1): 09-12.
- Resha, S. y Rani, S. 2015. Management of root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) using neem (*Azadirachta indica*). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. 9(3): 12-15.
- Ruiz, V.I.S. 2005. Propuesta de instalaciones para preclasificado en el proceso post-cosecha de la okra (*Hibiscus esculentus*) en el valle de la Fragua, Zacapa. Tesis de Licenciatura. Universidad Rafael Landívar. pp. 6-7.
- Salim, H.A., Salman, I.S., Majeed, I.I., y Hussein, H.H. 2016. Evaluation of some plant extracts for their nematicidal properties against root-knot nematode, *Meloidogyne* sp. *Journal of Gene c and Environmental Resources Conserva on*. 4(3): 241-244.
- Seo, D.J., Kim, K.Y., Kim, T.H., y Jung, W.J. 2012. Nematode-antagonistic effects of *Cinnamomum aromaticum* extracts

- and a purified compound against *Meloidogyne incognita*. *Nematology*. 14(8): 913-924.
- Sikora, R.A. y Fernández, E. 2005. Nematode parasites of vegetables. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2: 319-392.
- Taylor, A.L., y Sasser, J.N. 1983. *Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz*. Universidad de Carolina del Norte. 111 p.
- Wang, Q., Li, Y., Klassen, W. y Handoo, Z. 2007. Influence of cover crops and soil amendments on okra (*Abelmoschus esculentus* L.) production and soil nematodes. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 22(1): 41-53.
- Wharton, D.A. 2002. Nematode survival strategies. In: Lee, D.L. (Ed.). *Tile biology of nematodes*. New York, NY, USA, Taylor y Francis. pp. 389-411.