

RESEARCH/INVESTIGACIÓN

EFFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN Y *POCHONIA CHLAMYDOSPORIA* EN EL MANEJO DE NEMATODOS NODULADORES EN TOMATE

A. Pérez-Espíndola¹, I. Cid del Prado-Vera^{1*}, R. Alatorre-Rosas²,
J. Suárez-Espinosa³, M. P. Rodríguez-Guzmán¹, y M. H. Ferris⁴

¹Programa de Fitopatología; ²Programa de Entomología; ³Programa de Estadística, Colegio de Postgraduados, 56230, Carretera México-Texcoco km 36.6. Montecillo, Estado de México; ⁴Department of Nematology, University of California, Davis, CA, USA. *Autor para correspondencia: icid@colpos.mx

RESUMEN

Pérez-Espíndola, A., I. Cid del Prado-Vera, R. Alatorre-Rosas, J. Suárez-Espinosa, M. P. Rodríguez-Guzmán, y M. H. Ferris. 2019. Efecto de la biofumigación y *Pochonia chlamydosporia* en el manejo de nematodos noduladores en tomate. *Nematropica* 49:172-180.

En un invernadero de producción de tomate (variedad Condor) naturalmente infestado por *Nacobbus aberrans* y *Meloidogyne incognita* se evaluó la eficiencia de diferentes tratamientos de biofumigación, complementados con la aplicación de *Pochonia chlamydosporia*. Los tratamientos evaluados fueron: T1. Composta de estiércol de oveja con paja picada+ col triturada (*Brassica oleracea*) + *P. chlamydosporia*; T2. Estiércol de vaca + col triturada + *P. chlamydosporia*; T3. Gallinaza + col triturada + *P. chlamydosporia* y T4. Control absoluto. A medida que avanzaba el ciclo de tomate, la abundancia de juveniles de segundo estadio (J2) de *N. aberrans* y de *M. incognita* en el suelo fue menor en todos los tratamientos de biofumigación en comparación al control. Debido a que ambas especies de nematodos inducen agallas en las plantas hospedantes, el índice de agallas de la raíz reflejó el efecto unido de ambas. Sólo el tratamiento T3 redujo significativamente la infección por nematodos de las raíces de tomate, con una disminución del 50% en el índice de agallas, una colonización del 68% en masas de huevos de nematodos y una colonización por *P. chlamydosporia* de 4×10^7 unidades formadoras de colonias por gramo de raíz de tomate. Los tratamientos T1 y T2 redujeron el índice de agallas en un 20% en comparación al testigo (T4) y tuvieron un 63% y 55% en la colonización de masas de huevos respectivamente. Los pesos frescos y secos de las raíces de tomate fueron significativamente mayores en el control que en los tratamientos con biofumigación, probablemente atribuibles a las agallas de las raíces, inducidas por los nematodos.

Palabras clave: Biofumigación, gallinaza, *Meloidogyne incognita*, *Nacobbus aberrans*, *Pochonia chlamydosporia*

ABSTRACT

Pérez-Espíndola, A., I. Cid del Prado-Vera, R. Alatorre-Rosas, J. Suárez-Espinosa, M.P. Rodríguez-Guzmán, and M. H. Ferris. 2019. Effect of biofumigation and *Pochonia chlamydosporia* in the management of root-knot nematodes in tomato. *Nematropica* 49:172-180.

The efficiency of different biofumigation treatments, supplemented with the application of *Pochonia chlamydosporia* for the control of *Nacobbus aberrans* and *Meloidogyne incognita*, was evaluated in a greenhouse tomato (cv. Condor) production system. Soil in the greenhouse was naturally infested with the two nematode species with the infestation of *N. aberrans* greater than that of *M. incognita*. The four treatments evaluated were: T1. Composted sheep manure and chopped straw + crushed cabbage (*Brassica oleracea*) + *P. chlamydosporia*; T2. Cow manure + crushed cabbage + *P. chlamydosporia*; T3. Chicken manure + crushed cabbage + *P. chlamydosporia*, and T4. Unamended control. As the growing season progressed, the abundance of second-stage juveniles (J2) of both *N. aberrans* and *M. incognita* in the soil was lower in all amendment treatments than in the control. Since both nematode species induce galling in host plants, the root galling index reflected the aggregate effect of both. Only the T3 treatment significantly reduced nematode infection of the tomato roots. In that treatment, there was a 50% decrease in aggregate galling index, a 68% colonization of nematode egg masses by *P. chlamydosporia*, and colony 4×10^7 forming units per gram of tomato root. The gall index for the T1 and T2 treatments was numerically lower (20%) than that of the T4 control, and 63% and 55%, respectively, of the egg masses in those treatments were colonized by the fungus. Fresh and dry weights of the tomato root systems were significantly greater in the control treatment than in the amendment treatments, probably attributable to nematode-induced root galling.

Key words: Biofumigation, chicken manure, *Meloidogyne incognita*, *Nacobbus aberrans*, *Pochonia chlamydosporia*

INTRODUCCIÓN

Los nematodos *Meloidogyne incognita* y *Nacobbus aberrans* son especies importantes a nivel mundial, debido a sus grandes pérdidas económicas (Cid del Prado et al., 2001; Franco-Navarro et al., 2002), se puede estimar en alrededor de US\$80 billones a nivel mundial en pérdidas ocasionadas por nematodos (Bird y Kaloshian, 2003). En la actualidad se han utilizado diferentes estrategias para el control de nematodos, la aplicación de productos de síntesis química son los más utilizados, ya que estos productos pueden tener resultados más rápidos en comparación de otras técnicas de manejo; sin embargo, la sobredosis y mal manejo de estos productos puede ocasionar daños tanto en la salud humana, como al medio ambiente (Vidal et al., 2004; Khan y Kim, 2007; Hernández-Antonio y Hansen, 2011; Edwards y Ploeg, 2014), por lo anterior, se han investigado estrategias que permitan tener reducciones en las poblaciones de nematodos, sin que ocasionen daños secundarios. Una estrategia adoptada en diversos países es la incorporación de enmiendas orgánicas con residuos de especies de la familia Brassicaceae, debido a su alto contenido de glucosinolatos, los cuales al estar en contacto con la enzima mirosinasa, produce gases tóxicos (tiocinatos e isotiocinatos), los cuales tienen un efecto biocida para los nematodos (Kirkegaard et

al., 1993; Franco-Navarro et al., 2002; Borek y Morra, 2005). También se ha optado por el uso de enmiendas orgánicas y de desechos animales (composta, gallinaza y estiércoles), ya que estos al descomponerse, liberaran sustancias azufradas y amoniacales, las cuales actúan como supresoras de enfermedades edáficas (Rodríguez y Ortuño, 2007; Barahona, 2015; De cal y Melgarejo, 2017). Aunado a esto, existen algunas especies de hongos que parasitan los huevos de los de nematodos, una de estas especies es *Pochonia chlamydosporia*, el cual vive como saprofito en el suelo, llega a colonizar las raíces y al estar en contacto con los huevecillos de nematodos los parasita, sin que éste cause daño a las plantas (Kerry y Jaffe, 1997).

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente estudio se evaluó el efecto de diferentes tratamientos de biofumigación acompañados por la aplicación de *P. chlamydosporia* var. *chlamydosporia*, para disminuir las poblaciones de *N. aberrans* y *M. incognita* en el cultivo de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en un invernadero con producción de tomate (cv. Condor) infestado naturalmente por *N. aberrans* y *M. incognita*, en el poblado de San Diego, Texcoco, Estado de México. Se utilizaron 4 tratamientos: T1. Composta de estiércol de borrego

con paja picada + col (*Brassica oleracea*) triturada + *P. chlamydosporia*; T2. Estiércol vacuno + col triturada + *P. chlamydosporia*; T3. Gallinaza + col triturada + *P. chlamydosporia* y T4. Testigo absoluto, los cuales se establecieron bajo un diseño experimental en bloques al azar generalizados con 5 bloques y 8 repeticiones, dando un total de 32 unidades experimentales y cada unidad experimental (UE) estuvo compuesta por 18 plantas.

Las enmiendas fueron aplicadas 44 días antes del trasplante a una dosis de abono animal de 12.8 T ha⁻¹ + 12.8 T ha⁻¹ de col triturada, las cuales fueron distribuidas homogéneamente en el suelo a una profundidad de 30 cm, posteriormente se realizó un riego a capacidad de campo (con el objetivo de proporcionar condiciones de humedad y alta temperatura para favorecer la descomposición de los materiales orgánicos y la muerte de los nematodos) y los tratamientos se cubrieron con un plástico blanco de un grosor de 3 mm, el cual se dejó durante 30 días; después de este periodo se retiró el plástico y se dejó airear durante dos semanas, con el objetivo de eliminar los residuos tóxicos, para evitar la fitotoxicidad; posteriormente se trasplantó plántulas de tomate de la variedad Condor de 30 días de edad e inmediatamente para todos los tratamientos, excepto el testigo, se inoculó el suelo con *P. chlamydosporia* var. *chlamydosporia* reproducida en maíz quebrado (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2011), a una concentración por planta de 1.4x10⁸ unidades formadoras de colonias (UFC), la inoculación se hizo mensualmente, durante 7 meses.

Antes de la incorporación de las enmiendas orgánicas y posterior al trasplante de tomate, por cada UE, se cuantificó los juveniles del segundo estadio (J2) de *N. aberrans* y de *M. incognita*, en 200 g de suelo, este conteo se realizó mensualmente hasta el retiro de la planta.

Después de siete meses del trasplante, se evaluó el índice de agallamiento, la colonización de *P. chlamydosporia* en masas de huevos y en la raíz, así como el peso fresco y seco de raíz.

Evaluación de la colonización de P. chlamydosporia en masas de huevos

Por cada UE se colectaron 2 plantas al azar, las raíces se lavaron con agua destilada, se cortaron a cada 10 cm y se homogenizaron. Se tomó 3 g de raíz y se extrajeron las masas de huevos mediante

dissección, estas masas fueron lavadas con agua destilada y se sembraron 10 masas por repetición (4 repeticiones por cada UE) utilizando medio especial para el aislamiento de *P. chlamydosporia* (Kerry *et al.*, 1993), los huevos se encubaron por 5 días a 25°C y se evaluó la ausencia o presencia de *P. chlamydosporia* en las masas de huevos, mediante el uso del microscopio de disección, basado en la metodología modificada reportada por (Arévalo, 2012).

Evaluación de la colonización de P. chlamydosporia en raíz

Por cada UE se colectaron aleatoriamente 2 plantas, las raíces se cortaron en secciones de 1 cm y se mezclaron homogéneamente, se tomó una submuestra de 1 g la cual fue macerada y diluida en 9 ml de solución agar al 0.05%, a partir de esta suspensión se preparó diluciones de 10⁻², de las que se tomaron 0.2 ml y se depositaron sobre placas Petri que contenían medio semi selectivo para *P. chlamydosporia* (Kerry *et al.*, 1993), después de 21 días de haberlas incubado a 25°C se calculó la cantidad de UFC/g de raíz (Puertas e Hidalgo-Díaz, 2009).

Evaluación del índice de agallamiento (IA)

Para las 18 plantas de cada UE, se realizó la evaluación del IA, utilizando la escala propuesta por Taylor y Sasser (1978), la cual se describe a continuación: grado 0 = 0 agallas; grado 1 = 1 a 2; grado 2 = 3 a 10; grado 3 = 11 a 30; grado 4 = 31 a 100; grado 5 = más de 100 agallas.

Evaluación de peso seco y peso fresco

Para cada UE se extrajeron las raíces de las todas las plantas, se lavaron e inmediatamente se pesó su peso fresco, posteriormente fueron etiquetadas y llevadas a la estufa a 65°C, a los 4 días de haber alcanzado su peso seco constatare, se tomó lectura de cada una.

Cuantificación de juveniles (J2)

Antes de la aplicación de las enmiendas orgánicas y posteriores al retiro del plástico, se cuantifico en 200 gramos de suelo los J2 de *N. aberrans* y de *M. incognita*, el muestreo se realizó cada mes hasta el retiro de la planta, los nematodos

se extrajeron mediante la técnica de tamizado y posteriormente por flotación de azúcar (Ayoub, 1977).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se procesaron en un análisis de varianza, considerando el diseño empleado en el experimento, se hizo una comparación múltiple de media para cada respuesta, utilizando la prueba de Tukey ($P = 0.05$), se verificaron los supuestos del modelo y se usó la versión de SAS 9.4.

RESULTADOS

Los datos obtenidos señalan que el tratamiento de gallinaza más col y *P. chlamydosporia* (T3), obtuvo un 69 % de colonización de masas de huevos (Cuadro 1), presentó un mejor y significativo establecimiento del hongo en raíces con un 4.17×10^7 UFC/g de raíz ($\alpha = 0,05$). Su IA fue de 2.1, en comparación al testigo hubo una disminución de ± 50 % en su IA. En cuanto a los tratamientos composta de estiércol de oveja con paja picada + col + *P. chlamydosporia* (T1) y el tratamiento estiércol vacuno + col + *P. chlamydosporia* (T2), no hubo una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0,05$) en el IA, obteniendo un promedio del IA de 3.38 y 3.23 respectivamente; lo cual representa un 21% y 24% de reducción en el IA con respecto al testigo. En la

colonización de *P. chlamydosporia* en raíces y masas de huevos, el tratamiento de composta de estiércol de oveja con paja picada + col + *P. chlamydosporia* (T1) y el tratamiento de estiércol vacuno + col + *P. chlamydosporia* (T2), mostraron una diferencia estadística significativa ($\alpha = 0,05$).

En cuanto a las poblaciones del estadio juvenil (J2) de *N. aberrans* y de *M. incognita*, en todos los tratamientos se observó una diferencia estadística significativa en comparación al testigo (Cuadro 2, Cuadro 3), sin embargo, entre los tratamientos no se observó una diferencia estadística significativa ($\alpha = 0,05$). Los meses en los que se obtuvo un mayor incremento en la población del J2 de *N. aberrans* y de *M. incognita* fue en el mes de agosto y septiembre.

DISCUSIÓN

Todos los tratamientos donde se inoculó *P. chlamydosporia* mostraron una colonización del hongo en las raíces de tomate y en masas de huevos, sin embargo, el tratamiento gallinaza + col triturada + *P. chlamydosporia* (T3), fue en el que obtuvo una mayor colonización de *P. chlamydosporia* en raíces, lo que permitió que el hongo colonizara un 69 % las masas de huevos, por lo anterior, se puede sugerir que este tratamiento pudo tener condiciones óptimas para que el hongo se desarrollara y colonizara las raíces de la planta,

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos aplicados en un suelo naturalmente infestado por *Nacobbus aberrans* y *Meloidogyne incognita* en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), 223 días después del trasplante.

Tratamiento	CPMH ^v	UFC ^w	IA ^x	PF ^y	PS ^z
Composta de estiércol de borrego con paja molida + col (<i>Brassica oleracea</i>) triturada + <i>Pochonia chlamydosporia</i>	63.12 b	3.27×10^7 b	3.38 b	58.39 b	12.12 b
Estiércol vacuno + col triturada + <i>P. chlamydosporia</i>	55.62 c	1.50×10^7 c	3.32 b	64.49 b	13.42 ab
Gallinaza + col triturada + <i>P. chlamydosporia</i>	70.0 a	4.34×10^7 a	2.19 c	51.16 b	12.32 ab
Testigo	0	0	4.30 a	92.00 a	16.33 a

^vCPMH: Colonización de *P. chlamydosporia* en masas de huevos.

^wUFCR: Unidades formadoras de colonia en raíz de tomate.

^xIA: Índice de agallamiento.

^yPF: Peso fresco de raíz de tomate.

^zPS: Peso seco de raíz de tomate.

Letras similares no son diferentes significativamente (Tukey $P = 0.05$)

Cuadro 2. Fluctuación media poblacional de los juveniles (J2) de *Nacobbus aberrans* en 200 g de suelo antes y posterior a la aplicación de diferentes abonos orgánicos, en cultivo de tomate bajo invernadero, en San Diego Texcoco, Estado de México, 2017.

Tratamiento ^z	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
T1	1.00 a	0.00 b	1.00 b	3.50 a	4.25 b	10.75 b	10.87 b	13.37 b	15.62 b	13.62 b
T2	0.87 a	0.00 b	1.75 ab	3.62 b	4.37 b	11.25 b	13.37 b	13.50 b	15.00 b	14.00 b
T3	1.00 a	0.00 b	1.35 b	3.00 b	4.00 b	11.25 b	8.62 b	13.00 b	14.00 b	15.62 b
T4	1.12 a	1.25 a	3.75 a	8.37 a	10.50 a	26.62 a	32.87 a	27.12 a	30.62 a	25.37 a

^zT1= Composta de estiércol de borrego con paja molida + col triturada+ *P. chlamydosporia*; T2= Estiércol vacuno + col triturada + *Pochonia chlamydosporia*; T3= Gallinaza + col triturada + *P. chlamydosporia*; T4 = Testigo; marzo = incorporación de días de enmienda orgánicas o 44 días antes del trasplante (dat); abril = 30 días después de incorporación de enmiendas orgánicas (ddieo) o 14 dat; mayo = 60 ddieo o 16 días después del trasplante (ddt); junio = 91 ddieo o 47 ddt; julio = 121 ddieo o 77 ddt; agosto = 152 ddieo o 108 ddt; septiembre = 183 ddieo o 139 ddt; octubre = 213 ddieo o 169 ddt; noviembre = 243 ddieo o 200 ddt; diciembre = 266 ddieo o 223 ddt. Letras similares no son diferentes significativamente (Tukey $P = 0.05$).

Cuadro 3. Fluctuación media poblacional de los juveniles (J2) de *Meloidogyne incognita* en 200 g de suelo antes y posterior a la aplicación de diferentes abonos orgánicos, en cultivo de tomate bajo invernadero, en San Diego Texcoco, Estado de México, 2017.

Tratamiento ^z	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
T1	0.25b	0.00	0.62 b	0.87 a	1.62 a	0.13 b	2.50 b	0.75 b	1.50 b	2.50 ab
T2	0.25b	0.00	0.87 ab	1.00 a	1.62 a	1.00 b	2.50 b	2.00 b	2.37 b	2.38 ab
T3	0.37a	0.00	0.12 b	1.00 a	1.50 a	1.37 ab	1.62 b	1.00 b	2.00 b	1.12 b
T4	0.37a	0.00	1.12 a	1.50 a	2.00 a	2.25 a	6.50 a	4.37 a	3.75 a	3.62 a

^zT1= Composta de estiércol de borrego con paja molida + col triturada+ *Pochonia chlamydosporia*; T2= Estiércol vacuno + col triturada + *P. chlamydosporia*; T3= Gallinaza + col triturada + *P. chlamydosporia*; T4 = Testigo; marzo = incorporación de días de enmienda orgánicas o 44 días antes del trasplante (dat); abril = 30 días después de incorporación de enmiendas orgánicas (ddieo) o 14 dat; mayo = 60 ddieo o 16 días después del trasplante (ddt); junio = 91 ddieo o 47 ddt; julio = 121 ddieo o 77 ddt; agosto = 152 ddieo o 108 ddt; septiembre = 183 ddieo o 139 ddt; octubre = 213 ddieo o 169 ddt; noviembre = 243 ddieo o 200 ddt; diciembre = 266 ddieo o 223 ddt. Letras similares no son diferentes significativamente (Tukey $P = 0.05$).

en comparación con los tratamientos de composta de estiércol de oveja con paja picada + col + *P. chlamydosporia* (T1) y el tratamiento de estiércol vacuno + col + *P. chlamydosporia* (T2). De acuerdo con Pool-Novelo et al., (2000) explican que una de las consecuencias al aplicar gallinaza es el aumento de la materia orgánica y de los elementos de Ca, Mg, K, y P (Olsen) intercambiables del suelo, lo cual puede aumentar los nutrientes disponibles en el suelo y en consecuencia se puede estimular la reproducción del hongo, a lo que De Leij et al., (1991) sugieren que pequeñas cantidades *P. chlamydosporia* muestra un mayor crecimiento en el suelo donde hay nutrientes disponibles. Otro aspecto importante a señalar es que no todos los aislamientos de *P. chlamydosporia* tienen la misma capacidad parasítica, esto debido a que la enzima VCP1 que secreta el hongo en el proceso de parasitación del huevo, es diferente para cada aislamiento, debido a la composición de aminoácidos y se han reconocido biotipos del hongo, los cuales tienen preferencias hacia cierto hospedante (Sergert et al., 1996; Morton et al., 2003; Mauchline et al., 2004; Siddiqui et al., 2009), por lo cual se puede suponer, que el aislamiento del hongo empleado pudo tener cierta capacidad para desarrollarse en el T3, a causa de los nutrientes disponibles en el suelo y con ello pudo tener mayor colonización en las raíces de las plantas y en las masas de huevos de los nematodos, en comparación con los demás tratamientos empleados, ligado a esto, el T3, mostró una reducción del IA en un ± 50 % en comparación al testigo, los tratamientos T1 y T2 obtuvieron una reducción del IA de un ± 20 % en comparación con el testigo; los datos obtenidos se pueden comparar con los reportados por Pérez-Rodríguez et al., (2011) quienes obtuvieron una reducción del ± 40 % en el IA para el cultivo de chile, al incorporar fragmentos de col acompañados con *P. chlamydosporia* y vermicomposta para el combate de *N. aberrans*, López-Pérez et al. (2005) observaron que al incorporar fragmentos de brócoli a una temperatura de 25 a 30°C acompañados con gallinaza, se obtiene una reducción de ± 40 en las agallas causadas por *M. incognita* en el cultivo de tomate; mientras que Sun et al. (2006) al inocular solamente *P. chlamydosporia* obtuvieron una disminución de ± 30 % del IA ocasionado por *Meloidogyne* spp. en el cultivo de tomate.

En la cuantificación del J2 de *N. aberrans* y de *M. incognita* todos los tratamientos mostraron una reducción estadísticamente diferente en comparación al testigo, los datos pueden concordar con lo reportado por Pérez-Rodríguez et al. (2011) debido a que obtuvieron una disminución en un 50% en juveniles de *N. aberrans* en comparación con el testigo en el cultivo de chile; Youssef y Lashein (2013) obtuvieron una reducción del ± 30 % en juveniles de *M. incognita* al incorporar hojas de col trituradas, por otra parte Kirkegaard et al. (1993) y Borek y Morra (2005) han demostrado que las especies de la familia Brassicaceae, son eficaces para el control de nematodos, debido a que producen de sustancias nematicidas (isotiocianatos, tiocinatos) y el empleo de abonos con un alto contenido de nitrógeno amoniacal son supresores a enfermedades edáficas (Rodríguez-Kabana, 1986; Kaplan y Noe, 1993; Estrada-Pareja, 2005; Roubtsova et al., 2007; Pérez-Rodríguez, 2011; Barahona et al., 2015; de cal y Melgarejo, 2017; Delgado et al., 2018).

En los primeros meses de conteo, son casi nulas las poblaciones de J2 de *N. aberrans* y de *M. incognita*, lo cual puede deberse a que 37 días antes del primer muestro, se retiró la planta del cultivo anterior y el suelo quedó completamente desnudo, lo cual sugiere que los nematodos se encontraban en etapas de supervivencia (diapausa).

En los meses de Agosto a Septiembre (107 - 138 ddt), hubo un mayor incremento de las poblaciones de J2, en estas fechas se encontraba planta en cosecha, los datos obtenidos concuerda con lo reportado por Salazar-Antón y Guzmán-Hernández (2013a) y Martez et al. (1996), ya que ellos obtuvieron un mayor incremento de poblaciones de nematodos fitopatógenos en el cultivo de tomate en esta etapa; en este sentido Cadet et al. (2005) y Salazar-Antón et al. (2013a) quienes indican que los nematodos fitopatógenos tienen una relación muy estrecha con la fase fisiológica de la planta hospedante, debido a que la planta tiene que aportar alimento para que ellos puedan completar su ciclo de vida y esta condición es favorable en la etapa de cosecha.

Otro resultado de esta investigación, fue la baja población del J2 de *M. incognita* en todo el ciclo del cultivo, esto puede suponer que *N. aberrans* puede desplazar a *M. incognita* cuando estas especies se encuentran mezcladas en un mismo lugar, dado que *M. incognita* su estado infectivo es el J2 (Wyss et al., 1992) en

comparación con *N. aberrans*, el cual sus estados infectivos son el J2, J3, J4 y las hembras jóvenes (Manzanilla *et al.*, 2002), esta disminución de la tasa de crecimiento de *M. incognita* puede concordar con lo descrito por Salazar-Antón y Guzmán-Hernández, (2013b) ya que explican que una disminución en la tasa de crecimiento poblacional, puede estar ocasionada por la poca disponibilidad de espacio y de alimento, los cuales son factores que afectan el patosistema (patógeno-planta), lo que crea condiciones adversas para el desarrollo de las poblaciones de *Meloidogyne* spp, sin embargo, este parámetro de competencia no se evaluó, lo que da apertura a que se hagan investigaciones sobre la competencia entre estas dos especies de nematodos.

En cuanto al peso fresco y seco de la raíz el testigo fue el que obtuvo un mayor peso, los datos obtenidos no concuerdan con los datos reportados por Franco-Navarro *et al.* (2002) y Villa-Briones *et al.* (2008); ya que ellos obtuvieron un mayor peso fresco de la raíz, cuando incorporaron abonos orgánicos para el combate de nematodos noduladores, sin embargo, nuestros datos sugieren que el incremento del peso fresco y seco de la raíz, pudo deberse a que en el testigo obtuvo el mayor IA, lo cual provocó el incremento de su peso.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, por su apoyo brindado para la realización de investigación, a través del programa de becas de posgrados nacionales.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, J., S. D. Silva, M. D. Carneiro, R. B. Lopes, R. M. Carneiro, M. S. Tigano, y L. Hidalgo-Díaz. 2012. *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare y Gams como potencial agente de control biológico de *Meloidogyne enterolobii* (Yang y Eisenback) en cultivos hortícolas. *Revista de Protección Vegetal* 27:123-129.
- Ayoub, S. M. 1977. *Plant Nematology*, An Agricultural Training Aid. Department of Food and Agriculture, Division of Plant Industry, Laboratory Services-Nematology, USA.
- Barahona, L. A., R. Samaniego, J. Guerra, G. Castillo, y J. Agurto. 2015. Utilización de la gallinaza como biofumigante de suelo en el cultivo de melón. *Ciencia Agropecuaria* 23:95-109.
- Bird, D. M., and I. Kaloshian. 2003. Are roots special? Nematodes have their say. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 62:115-123.
- Borek, V., and M. J. Morra. 2005. Ionic thiocyanate (SCN-) production from 4-hydroxybenzyl glucosinolate contained in *Sinapis alba* seed meal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:8650-8654.
- Cadet, P., D. Masse, and J. Thioulouse. 2005. Relationships between plant-parasitic nematode community, fallow duration and soil factors in the Sudano-Sahelian area of Senegal. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108:302-317.
- Cid del Prado Vera, I., A. Tovar Soto, y J. A. Hernández. 2001. Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:32-39.
- Delgado, M. A., E. E. Guardia, A. O. Silva, and M. R. Ñique. 2018. Indirect depressive interaction of thermo resistant bacteria present in the organic amendment AVIDOL on populations of plant parasitic nematodes. *Nematropica* 48:ABST10-11.
- De Cal, A., y P. Melgarejo. 2017. Control biológico de enfermedades vegetales. Capítulo 17. La aplicación de enmiendas orgánicas al suelo en el manejo de Fusariosis del clavel, esparrago y tomate: 1ra ed. Phytoma-España:129-134.
- De Leij, F. A. A. M., and B. R. Kerry. 1991. The nematophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* Goddard, as a potential biological control agent for *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood. *Revue de Nématologie* 14:157-164.
- Edwards, S., and A. Ploeg. 2014. Evaluation of 31 potential biofumigant Brassicaceous plants as hosts for three *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 46:287-290.
- Estrada Pareja, M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación* 2:43-48.
- Franco-Navarro, F., I. C. del Prado-Vera, E. Zavaleta-Mejía, y P. Sánchez-García. 2002. Aplicación de enmiendas orgánicas para el

- manejo de *Nacobbus aberrans* en tomate. *Nematropica* 32:113-124.
- Hernández-Antonio, A., y A. M. Hansen. 2011. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 27:115-127.
- Kaplan, M., and J. P. Noe. 1993. Effects of chicken-excrement amendments on *Meloidogyne arenaria*. *Journal of Nematology* 25:71-77.
- Khan, Z., and Y. H. Kim. 2007. A review on the role of predatory soil nematodes in the biological control of plant parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology* 35:370-379.
- Kerry, B. R., and B. A. Jaffee. 1997. Fungi as biological control agents for plant parasitic nematodes. *The Mycota* 4:203-218.
- Kerry, B. R., I. A. Kirkwood, F. A. A. M. De Leij, J. Barba, M. B. Leijdens, and P. C. Brookes. 1993. Growth and survival of *Verticillium chlamydosporium* Goddard, a parasite of nematodes, in soil. *Biocontrol Science and Technology* 3:355-365.
- Kirkegaard, J. A., P. A. Gardner, J. M. Desmarchelier, and J. F. Angus. 1993. Biofumigation using *Brassica* species to control pests and diseases in horticulture and agriculture. Pp. 77-82 in Wratten, M., and R. J. Maller (eds.) *Proceedings of the 9th Australian Research Assembly on Brassicas*. British Society for Plant Pathology, Agricultural Research Institute, Wagga Wagga, October 5-7, 1993.
- López-Pérez, J. A., T. Roubtsova, and A. Ploeg. 2005. Effect of three plant residues and chicken manure used as biofumigants at three temperatures on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato in greenhouse experiments. *Journal of Nematology* 37:489-494.
- Manzanilla-López, R. H., M. A. Costilla, M. Doucet, J. Franco, R. N. Inserra, P. S. Lehman, and K. Evans. 2002. The genus *Nacobbus* Thorne & Allen, 1944 (Nematode: Pratylenchidae): Systematics, distribution, biology and management. *Nematropica* 32:149-227.
- Martez, J. L., N. Acosta, C. Betancourt, N. Vicente, y R. Rodriguez. 1996. Control biológico de *Meloidogyne incognita* en tomate en Puerto Rico. *Nematropica* 26:143-152.
- Mauchline, T. H., B. R. Kerry, and P. R. Hirsch. 2004. The biocontrol fungus *Pochonia chlamydosporia* shows nematode host preference at the infraspecific level. *Mycological Research* 108:161-169.
- Morton, C. O., P. R. Hirsch, J. P. Peberdy, and B. R. Kerry. 2003. Cloning of and genetic variation in protease VCP1 from the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*. *Mycological Research* 107:38-46.
- Pérez-Rodríguez, I., F. Franco-Navarro, I. C. del Prado-Vera, y E. Zavaleta-Mejía. 2011. Control de *Nacobbus aberrans* en chile ancho (*Capsicum annum l.*) mediante el uso combinado de enmiendas orgánicas, hongos nematófagos y nematicidas. *Nematropica* 41:122-129.
- Pool-Novelo, L., A. Trinidad Santos, J. D. Etchevers Barra, J. Pérez Moreno, y A. Martínez Garza. 2000. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 34:251-259.
- Puertas, A., y L. Hidalgo-Díaz. 2009. Efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el establecimiento de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* en el sustrato y la rizosfera de plantas de tomate. *Protección Vegetal* 24:162-165.
- Rodríguez, K. R., y N. Ortuño. 2007. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova* 3:697-719.
- Rodríguez-Kabana, R. 1986. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *Journal of Nematology* 18:129-134.
- Roubtsova, T., J. A. López-Pérez, S. Edwards, and A. Ploeg. 2007. Effect of broccoli (*Brassica oleracea*) tissue, incorporated at different depths in a soil column, on *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology* 39:111-117.
- Salazar-Antón, W., y T. D. J. Guzmán-Hernández. 2013a. Nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona Occidental de Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana* 24:27-36.
- Salazar-Antón, W., y T. D. J. Guzmán-Hernández. 2013b. Efecto de poblaciones de *Meloidogyne*

- sp. en el desarrollo y rendimiento del tomate. *Agronomía Mesoamericana* 24:419-426.
- Segert, R., T. M. Butt, B. R. Kerry, A. Beckett, and J. F. Peberdy. 1996. The role of the proteinase VCP1 produced by the nematophagous *Verticillium chlamydosporium* in the infection process of nematode eggs. *Mycological Research* 100:421-428.
- Siddiqui, I. A., S. D. Atkins, and B. R. Kerry. 2009. Relationship between saprotrophic growth in soil of different biotypes of *Pochonia chlamydosporia* and the infection of nematode eggs. *Annals of Applied Biology* 155:131-141.
- Sun, M. H., L. Gao, Y. X. Shi, B. J. Li, and X. Z. Liu. 2006. Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. eggs and females in China and their biocontrol potential. *Journal of Invertebrate Pathology* 93:22-28.
- Taylor, A. L., and J. N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University, and the United States Agency for International Development.
- Vidal, J. M., M. J. González-Rodríguez, A. B. Vega, y A. G. Frenich. 2004. Estudio de la contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. *Revista Ecosistemas* 13:30-38.
- Villa-Briones, A., E. Zavaleta-Mejía, M. Vargas-Hernández, O. Gómez-Rodríguez, y S. Ramírez-Alarcón. 2008. Incorporación de vermicomposta para el manejo de *Nacobbus aberrans* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 14:249-255.
- Wyss, U., F. M. Grundler, and A. Munch. 1992. The parasitic behaviour of second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita* in roots of *Arabidopsis thaliana*. *Nematologica* 38:98-111.
- Youssef, M. M. A., and A. M. S. Lashein. 2013. Effect of cabbage (*Brassica oleracea*) leaf residue as a biofumigant, on root knot nematode, *Meloidogyne incognita* infecting tomato. *Journal of Plant Protection Research* 53:271-274.

Received:

7/II/2019

Accepted for Publication:

31/V/2019

Recibido:

Aceptado para publicación: