

Trichoderma spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagónicas contra *Meloidogyne incognita*

Trichoderma spp. fostering growth on *Capsicum chinense* Jacq. seedlings and antagonistic against *Meloidogyne incognita*

Candelero DJ¹, AJ Cristóbal¹, RA Reyes¹, SJM Tun¹, AMM Gamboa², SE Ruíz¹

Resumen. Se evaluaron 14 cepas nativas de *Trichoderma* spp. provenientes de patosistemas silvestres y agrícolas del estado de Yucatán, México, con capacidad promotora del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y su efecto antagónico de sus filtrados contra juveniles de segundo estadio (J2) de *Meloidogyne incognita*. Las cepas Th05-02 y Th27-08 mostraron los mejores efectos significativos en la variable altura de planta con incrementos del 55,57 y 47,62%, la Th07-04 con 29,48% más de longitud en la raíz, los aislamientos Th02-01 y Th07-04 aumentaron del 84,61 al 48,71% en el volumen radical y 53,40% de biomasa seca total. El análisis estadístico ($p \leq 0,001$) de los filtrados Th43-13 y Th43-14 causaron 100% de mortalidad a las 24 y a las 48 h. En la prueba de reversibilidad a las 24 h después de haber sustituido los filtrados Th43-13, Th43-14, Th09-06 y Th20-07 por agua destilada estéril, los J2 no recuperaron su viabilidad, por lo que se consideraron como las mejores cepas potenciales de *Trichoderma* spp. con capacidad antagónica de J2 de *M. incognita*.

Palabras clave: Filtrados; Chile habanero; *In vitro*; Agallador.

Abstract. Fourteen native strains of *Trichoderma* spp. from wild agricultural pathosystems in the state of Yucatan, Mexico, with growth-promoting ability of *Capsicum chinense* Jacq. seedlings were evaluated and antagonistic effect of their filtrate against second-stage juveniles (J2) of *Meloidogyne incognita*. The strains Th05-02 and Th27-08 showed the best significant effects on plant height variable increments 55.57 and 47.62%, the Th07-04 with 29.48% more root length, the Th02-01 and Th07-04 isolates increased from 84.61 to 48.71% in volume radical and 53.40% of total dry biomass. Statistical analysis ($p \leq 0.001$) of Th43 and Th43-13-14 filtrates caused 100% mortality at 24 and 48h. In the test of reversibility to 24 h after replacing the filtrates Th43-13, Th43-14, TH09-06 and TH20-07 by sterile distilled water, the J2 did not recover their viability, so they were considered as the best potential strains of *Trichoderma* spp. with antagonistic capacity in J2 of *M. incognita*.

Keywords: Filtrates; Habanero chilli; *In vitro*; Knot-root.

¹Instituto Tecnológico de Conkal, Km. 16.3 antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán. C.P. 97345, México. Tel. 52 999 912 4135.

²Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatan, Mexico. C.P. 97200. Tel. 52 999 981 39 23.

Address Correspondence to: Dr. Jairo Cristóbal Alejo; e-mail: jairoca54@hotmail.com

Recibido / Received 16.V.2014. Aceptado / Accepted 23.VII.2014.

INTRODUCCIÓN

Las especies saprófitas de *Trichoderma* son microorganismos benéficos competitivos; por su plasticidad tienen la capacidad de actuar en forma oportunista y simbiote de plantas que predominan en los ecosistemas terrestres y acuáticos (Zhang et al., 2005). La capacidad de competencia por espacio, nutrientes, reproducción y colonización en distintos ambientes, favorecen el contenido de materia orgánica, la protección contra infecciones al sistema radical y la resistencia a metabolitos tóxicos en respuesta a la invasión de un organismo extraño (Benítez et al., 2004; Harman et al., 2004; Ulacio et al., 2002). Dicha capacidad también tiene un efecto inductor sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a la formación de sideróforos quelatantes de hierro, y la presencia de hormonas reguladoras de crecimiento que actúan como estimulantes en tejidos meristemáticos primarios en partes jóvenes (Liu et al., 1995; Castro y Revillas, 2005). En algunos casos esta promoción de crecimiento resulta como consecuencia de la reducción de microorganismos patógenos mediante una acción antagónica contra el agente causal (Harman, 2006). Además las especies de *Trichoderma* establecen largos períodos de colonización en el interior de la epidermis produciendo compuestos capaces de inducir una respuesta local o sistémica de defensa para las plantas, en la que se involucran la síntesis y acumulación de fitoalexinas, flavonoides y derivados fenólicos (Harman et al., 2004; Vinale et al., 2006). Hay cepas de *Trichoderma* spp. que tienen un efecto antagonista contra *M. incognita* y *M. javanica*, al inhibir la eclosión de huevos, y la inmovilidad y muerte de juveniles (J₂) (Rosso et al., 2004; Siddiqui y Shaikat, 2004). Con el objetivo de contar con especies nativas, se aislaron 14 cepas de zonas agroecológicas del estado de Yucatán, y se estimó su efecto promotor de crecimiento en plántulas de *C. chinense* Jacq. y la capacidad antagónica de sus filtrados contra J₂ de *M. incognita*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento. El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Fitopatología e invernadero del área de producción e investigación del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, antigua carretera Mérida-Motul, Km 14,5 (21° 4' N, 89° 31' O).

Evaluación de la promoción del crecimiento en plántulas de *C. chinense* Jacq. Se aislaron 14 cepas del género *Trichoderma* del estado de Yucatán, México, con la técnica de partículas de suelo sin lavar (Bills et al., 2004). Cuatro de estas cepas

pertencieron a patosistemas agrícolas y diez a patosistemas silvestres. Los aislamientos crecieron en medio de cultivo papa-dextrosa agar (PDA) durante siete días con 12 h luz y 12 h oscuridad a 28 °C, y se realizaron cultivos monospóricos para la purificación de las cepas. Los morfotipos del género *Trichoderma* spp. se identificaron en base al tipo de colonia, al micelio con abundante ramificación, a los conidióforos en forma cónica o de pirámide, y a las fialosporas producidas individualmente o acumuladas en el ápice de las fialides.

Con los cultivos monospóricos de cada cepa, se obtuvieron concentraciones de 1×10^6 esporas/mL (Cubillos et al., 2009). Se estimó su efecto promotor de crecimiento en plántulas de *C. chinense* Jacq. Inicialmente las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% (Soria et al., 2002) y se depositaron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, en sustrato comercial Sunshine. Posteriormente, se realizaron tres aplicaciones con la concentración de esporas indicada por cavidad: la primera al momento de la siembra, y la segunda y la tercera a los 15 y 30 días, respectivamente, después de la germinación. Cada cepa constituyó un tratamiento más un testigo sin la aplicación del hongo. La unidad experimental la constituyeron diez plantas con diez repeticiones, distribuidas en un diseño experimental completamente al azar en condiciones protegidas a 28 ± 2 °C en promedio. Las variables respuesta las conformaron: altura de planta, biomasa seca aérea, longitud de raíz, volumen y biomasa seca radical. Con la información se hicieron análisis de varianza y para la comparación de medias se utilizó el método de Scott y Knott ($p=0,05$) con el paquete estadístico INFOSTAT ver. 2011 (Di Rienzo et al., 2013).

Obtención del nematodo agallador *M. incognita*. Se colectaron raíces con agallas inducidas por *M. incognita* en plantas de *Solanum lycopersicum* L. cv Rio Grande y *C. chinense* Jacq. cv Criollo. Las raíces agalladas se depositaron en bolsas de papel estraza del número 8 conservadas a 6 °C en refrigeración durante 24 h. Posteriormente se lavaron con agua y se disectaron bajo el microscopio estereoscópico para extraer masas de huevos y obtener juveniles de segundo estadio (J₂) (Cristóbal et al., 2006; Arévalo et al., 2012).

Obtención de filtrados de cepas nativas de *Trichoderma* spp. De cada cultivo monospórico de ocho días de crecimiento en PDA, se obtuvo un disco de micelio de 5 mm de diámetro y se depositó en matraces de 250 mL de capacidad con medio de cultivo caldo de papa dextrosa (CPD), para su desarrollo durante 15 días a 28 °C. Después de este tiempo, el CPD se filtró con gasas estériles, luego se tomaron 50 mL del líquido sobrenadante y se filtraron a través de papel Whatmann No. 1 para luego centrifugarse a 3600 rpm durante diez minutos. Por último, el sobrenadante se filtró a través de un filtro Milipore de 0,45 µm (Nico et al., 2003). Los filtrados se almacenaron en refrigeración durante cinco días a 6 °C para su empleo en evaluaciones *in vitro* contra J₂ de *M. incognita*.

Antagonismo de filtrados de *Trichoderma* spp. contra J_2 de *M. incognita*. Para el ensayo *in vitro* se utilizaron siracuas a las cuales se les adicionó 1 mL de filtrado de cultivos monospóricos de *Trichoderma* spp. Se incorporaron 20 larvas (J_2) viables de *M. incognita* como unidad experimental con cuatro repeticiones, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar en condiciones de laboratorio a 28 °C. Se utilizaron 14 tratamientos correspondientes a cada una de las cepas de *Trichoderma* spp. Además, se consideró un tratamiento testigo sin filtrado fúngico, solo con agua destilada estéril. Como variable respuesta a la exposición del filtrado se consideró el porcentaje de inmovilidad de los nematodos a las 24 y 48 h de exposición; cada filtrado fue sustituido por agua destilada estéril, con el propósito de estimar el porcentaje de reversibilidad o viabilidad a las 24 h. La inmovilidad se corroboró empleando un pincel con el cual se estimuló al nematodo en su región cefálica. Cuando la respuesta al estímulo fue inmóvil, se consideró inviable al nematodo (Cristóbal et al., 2006).

RESULTADOS

Efecto en la promoción de crecimiento en plántulas de *C. chinense* Jacq. A los 45 días después de la siembra, la altura de plántula mostró altas diferencias significativas ($p \leq 0,001$). Las cepas nativas de *Trichoderma* spp. registradas como Th05-02, Th27-08, Th09-06, Th02-01 y Th07-04, promovieron los mayores promedios con rangos que oscilaron entre 11,01 y 13,82 cm. Con la cepa Th05-02 se estimó el mayor promedio con un incremento de al menos 55,57% respecto al testigo sin hongos, el cual alcanzó el valor más bajo con 6,14 cm (Tabla 1).

En relación a la ganancia de biomasa seca aérea (tallos y hojas), no se mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p \leq 0,001$). Sin embargo, los mayores promedios se obtuvieron con las cepas Th05-02, Th07-05 y Th09-06, con 0,34; 0,32, y 0,32 g/planta, respectivamente. Esto representó un 41,17 y 47,05% más en la ganancia de biomasa aérea respecto al testigo.

Tabla 1. Cepas nativas de *Trichoderma* en la promoción del crecimiento en altura y biomasa seca aérea en plántulas de *C. chinense* Jacq. en invernadero.

Table 1. Native strains of *Trichoderma* in stimulating height and aboveground dry biomass on seedlings of *C. chinense* Jacq under greenhouse conditions.

Clave	Especie	Origen	Altura (cm)	Biomasa seca (tallos y hojas) (g)
Th02-01	<i>Trichoderma harzianum</i>	Tizimín ²	11,30 c	0,25 d
Th05-02	<i>Trichoderma</i> sp.	Dzilam González ¹	13,82 a	0,34 a
Th06-03	<i>Trichoderma</i> sp.	D. González ²	7,94 f	0,25 d
Th07-04	<i>Trichoderma</i> sp.	Buctzotz ¹	11,01 c	0,29 b
Th07-05	<i>Trichoderma</i> sp.	Buctzotz ¹	8,53 f	0,32 a
Th09-06	<i>Trichoderma</i> sp.	Dzidzantun ¹	11,84 c	0,32 a
Th20-07	<i>Trichoderma</i> sp.	Tzucacab ²	8,30 f	0,29 c
Th27-08	<i>Trichoderma virens</i>	Chaksinkín ¹	12,72 b	0,31 b
Th32-09	<i>Trichoderma virens</i>	Oxkutzcab ²	9,46 e	0,26 d
Th35-10	<i>Trichoderma</i> sp.	Saccalum ¹	9,46 e	0,27 c
Th41-11	<i>Trichoderma koningiopsis</i>	Sanahcat ¹	10,35 d	0,20 e
Th41-12	<i>Trichoderma</i> sp.	Sanahcat ¹	8,71 f	0,21 e
Th43-13	<i>Trichoderma virens</i> .	San Felipe ¹	9,88 d	0,25 d
Th43-14	<i>Trichoderma</i> sp.	San Felipe ¹	8,57 f	0,25 d
Testigo	Agua destilada estéril		6,14 g	0,18 e
C.V			10,79	11,26

Nota: Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales ($p > 0,05$). Suelo de patosistemas silvestres¹ o agrícolas² del estado de Yucatán, C.V (Coeficiente de Variación).

Note: Means with the same letter within the same column are statistically equal ($p > 0,05$). Soil of wild¹ or agricultural² systems in the state of Yucatán. C.V. (variation coefficient).

Los tratamientos biológicos que incluyeron las cepas nativas Th07-04, Th02-01 y Th05-02 provenientes de patosistemas agrícolas y silvestres promovieron incrementos en el crecimiento de raíces en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. Sin embargo, aun cuando no se detectaron diferencias estadísticas, permitieron aumentos del 26,49 al 29,50% en la longitud de la raíz con respecto al testigo que presentó un escaso crecimiento con 8,25 cm. En el volumen radical la Th02-01 fue superior al resto de los tratamientos (84,61% de incremento). Luego se encontraron Th07-04, Th07-05, Th20-07, Th27-08 y Th05-02 con valores que oscilaron entre 26,92 y 39,74% más en relación al testigo sin inoculantes. Dicho testigo tuvo el valor más bajo con 0,12 cm³ en el volumen radical. Al estimar la biomasa seca de la raíz, las cepas Th07-05, Th02-01, Th09-06, Th05-02, Th07-04 y Th20-07 fueron estadísticamente iguales, con incrementos del 37,50 al 62,50% en la ganancia de biomasa seca de raíz comparado con el resto de los tratamientos. El tratamiento testigo, sin inoculantes, alcanzó los promedios más bajos en la biomasa seca de la raíz con 0,03 g/planta (Tabla 2).

Antagonismo de filtrados de *Trichoderma* spp. contra juveniles de segundo estadio de *M. incognita*. El análisis estadístico para estimar la capacidad de antagonismo de los filtrados de cepas nativas de *Trichoderma* spp. contra juveniles de segundo estadio (J₂) de *M. incognita* a las 24 y 48 h mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0,01$). A las 24 h, los filtrados provenientes de las cepas Th43-13 y Th43-14 ejercieron un 100% de inmovilidad; le siguieron los tratamientos Th02-01 y Th07-05 con 96,25 y 93,75%, respectivamente. A las 48 h de exposición, los tratamientos con las cepas Th43-13, Th43-14, Th32-09 y Th20-07 mostraron una efectividad del 95,50 al 100% de inmovilidad de J₂, seguido por los filtrados provenientes de las cepas Th09-06, Th07-05, Th05-02 y Th02-01. Éstas últimas mostraron entre 88,75 y 92,50% de inmovilidad de J₂. En las pruebas de reversibilidad después de 24 h sin exposición a los filtrados se demostró el efecto nematicida para las cepas: Th43-13, Th43-14, Th02-01, Th07-05, Th09-06 y Th27-08, ya que los J₂ fueron incapaces de recuperar su viabilidad (Tabla 3).

Tabla 2. Cepas nativas de *Trichoderma* en la promoción de la longitud, volumen y biomasa seca radical en plántulas de *C. chinense* Jacq. en invernadero.

Table 2. Native strains of *Trichoderma* in stimulating length, volume and root dry biomass on seedlings of *C. chinense* Jacq under greenhouse conditions.

Cepas	Especie	Origen	Longitud de raíz (cm)	Volumen radical (cm ³)	Biomasa de raíz (g)
Th02-01	<i>Trichoderma harzianum</i>	Tizimin ²	11,68a	0,78 a	0,07 a
Th05-02	<i>Trichoderma</i> sp.	Dzilam González ¹	11,35a	0,33 b	0,06 a
Th06-03	<i>Trichoderma</i> sp.	D. González ²	9,05b	0,16 d	0,06 a
Th07-04	<i>Trichoderma</i> sp.	Buctzotz ¹	11,70a	0,43 b	0,06 a
Th07-05	<i>Trichoderma</i> sp.	Buctzotz ¹	8,87b	0,40 b	0,08 a
Th09-06	<i>Trichoderma</i> sp.	Dzidzantun ¹	9,10b	0,26 c	0,07 a
Th20-07	<i>Trichoderma</i> sp.	Tzucacab ²	8,65b	0,39 b	0,06 a
Th27-08	<i>Trichoderma virens</i>	Chaksinkín ¹	9,50b	0,38 b	0,05 b
Th32-09	<i>Trichoderma virens</i>	Oxkutzcab ²	8,65b	0,24 c	0,05 b
Th35-10	<i>Trichoderma</i> sp.	Saccalum ¹	8,70b	0,24 c	0,05 b
Th41-11	<i>Trichoderma koningiopsis</i>	Sanahcat ¹	8,65b	0,16 d	0,05 b
Th41-12	<i>Trichoderma</i> sp.	Sanahcat ¹	8,60b	0,12 d	0,03 c
Th43-13	<i>Trichoderma virens</i> .	San Felipe ¹	8,30b	0,26 c	0,06 a
Th43-14	<i>Trichoderma</i> sp.	San Felipe ¹	8,6b	0,25 c	0,04 c
Testigo	Agua destilada estéril		8,25 b	0,12 d	0,03 c
C.V			11,23	28,65	19,78

Nota: Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales ($p > 0,05$). Suelo de patosistemas silvestres¹ o agrícolas² del estado de Yucatán, C.V (Coeficiente de Variación).

Note: Means with the same letter within the same column are statistically equal ($p > 0.05$). Soil of wild¹ or agricultural² systems in the state of Yucatán. C.V. (variation coefficient).

Tabla 3. Efecto de filtrados provenientes de cepas nativas de *Trichoderma* spp. en la inmovilidad de juveniles de segundo estadio de *M. incognita*.**Table 3.** Filtrate effects from native strains of *Trichoderma* spp. on the juvenile immobility (second stage) of *M. incognita*.

Cepas	Especie	Origen	Inmovilidad (%)		Reversibilidad ³ (%)
			24 h	48 h	24 h
Th43-13	<i>Trichoderma virens</i>	San Felipe ¹	100 a	100 a	0,00 a
Th43-14	<i>Trichoderma</i> sp.	San Felipe ¹	100 a	100 a	0,00 a
Th02-01	<i>Trichoderma virens</i>	Tizimín ²	96,25 a	88,75 b	10,00 a
Th07-05	<i>Trichoderma</i> sp.	Buctzotz ¹	93,75 a	90,00b	6,25 a
Th09-06	<i>Trichoderma</i> sp.	Dzidzantun ¹	82,5 b	92,50 b	6,25 a
Th27-08	<i>Trichoderma virens</i>	Chaksinkín ¹	71,25 b	80,00 c	2,50 a
Th07-04	<i>Trichoderma</i> sp.	Buctzotz ¹	31,25 c	58,75 d	41,25 b
Th05-02	<i>Trichoderma</i> sp.	Dzilam González ¹	16,25 c	88,75 b	37,50 b
Th32-09	<i>Trichoderma virens</i>	Oxkutzcab ²	15,00 c	100 a	0,00 a
Th20-07	<i>Trichoderma</i> sp.	Tzucacab ²	13,75 c	97,50 a	0,00 a
Th06-03	<i>Trichoderma</i> sp.	Dzilam González ²	11,25 c	75,00 c	33,75 b
Th41-11	<i>Trichoderma koningiopsis</i>	Sanahcat ¹	10,00 c	33,75 e	68,75 c
Th41-12	<i>Trichoderma</i> sp.	Sanahcat ¹	8,00 c	30,00 e	70,25 c
Th35-10	<i>Trichoderma</i> sp.	Sacalum ¹	5,00 c	7,50 f	92,50 d
Testigo	Agua destilada estéril	Agua	0,00 c	0,00 f	100 d
C.V			19,23	9,86	30,84

Nota: medias con la misma letras dentro de columnas son estadísticamente iguales ($p > 0,05$). Suelo de patosistemas silvestres¹ o agrícolas² del estado de Yucatán, A las 243 h después de cambiar los filtrados por agua destilada estéril. C.V. (Coeficiente de Variación).

Note: Means with the same letter within the same column are statistically equal ($p > 0,05$). Soil of wild¹ or agricultural² systems in the state of Yucatán. After 243 h of changing the filtrates by deionized distilled water. C.V. (variation coefficient).

DISCUSIÓN

Algunas cepas nativas de *Trichoderma* spp. provenientes de patosistemas agrícolas y silvestres mostraron un efecto significativo en la promoción del crecimiento vegetal. Efectos similares fueron informados por Danger et al. (2000) en *Solanum lycopersicum* L. cuando evaluaron cepas nativas de *Trichoderma* spp. en concentraciones de 5×10^9 esporas/mL. Estos autores determinaron incrementos de 9,87 a 11,39% en la altura de plántula con relación al testigo sin la aplicación de inoculantes. Guigón et al. (2004) observaron en *C. annuum* L. ganancias del 38% en biomasa aérea con cepas nativas de *Trichoderma* spp. comparadas con el testigo sin hongos fúngicos. Ortuño et al. (2013) lograron un aumento del volumen radical y la biomasa seca de *Lactuca sativa* L. de 67,5 y 82%, respectivamente, usando filtrados de cepas de *Trichoderma* spp. productoras de ácido indolacético con dosis de 500 μ L por planta. Contreras et al. (2009) en plantas de *Arabidopsis*, tratadas con *T. atroviride* y *T. virens* obtuvieron incrementos de cuatro a seis veces en el número de raíces laterales y una mayor actividad celular en el periciclo y el primordio de las plantas.

El efecto promotor del crecimiento en plántulas con las aplicaciones de *Trichoderma* spp. se ha atribuido a la presencia de ácido indolacético, que actúa como regulador de crecimiento, y de ácidos orgánicos, que retienen cationes y acidifican la rizosfera, lo cual solubiliza nutrientes para su absorción por las plantas (Harman, 2000; Valencia et al., 2005). La estimulación del crecimiento también se atribuye a la liberación de estructuras quelatantes o sideróforos que favorecen la asimilación de iones como Ca, Fe_2O_3 , MnO_2 , Cu y Zn (Altomare, 1999).

En relación con la actividad antagonista de filtrados de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. (Th43-13 y Th43-14), éstos mostraron efectividad biológica contra larvas del segundo estadio (J_2) de *M. incognita*. Estos resultados coinciden con lo realizado por Xalxo et al. (2013). Estos autores mostraron que al usar filtrados de *T. viride*, aisladas de la rizosfera en patosistemas agrícolas, inhibieron la movilidad de J_2 de *Meloidogyne* sp. del 65 al 93,75% a las 48 y 72 h, respectivamente. Mascarin et al. (2012), con una suspensión de 1×10^8 conidias/mL de *T. harzianum* (ESALQ-1306), redujeron la movilidad de J_2 de *M. incognita* al menos $59,40 \pm 15,4\%$ en bioensayos *in vitro*.

El efecto antagónico de los filtrados está relacionado con (1) el tipo de cepa, (2) la composición del sustrato empleado para su crecimiento (Vinueza et al., 2006), y (3) el tiempo de exposición de los juveniles de segundo estadio de este nematodo a los metabolitos secundarios contenidos en los filtrados de *Trichoderma* spp. (Sharon, 2007).

El 2,4-diacetilfloroglucinol aislado de *Trichoderma* spp. ejerce un efecto antagónico contra J_2 de *Meloidogyne incognita* (Siddiqui y Shaukat, 2004; Vinale et al., 2010). La producción de enzimas como quitinasas también inhibe la formación de la quitina sintasa, proteína asociada a la membrana plasmática de la pared celular, que en presencia de iones calcio altera la integridad de la membrana y reduce la viabilidad de los J_2 de *Meloidogyne* spp. (Pérez et al., 2006).

Las especies nativas de *Trichoderma* spp. Th43-13 y T43-14 aisladas de suelos de patosistemas silvestres son prometedoras contra las poblaciones de J_2 de *M. incognita* al causar *in vitro* el 100% de mortalidad del nematodo.

CONCLUSIONES

Las cepas nativas Th05-02, Th09-06, Th07-05, Th27-08 y Th07-04 del género *Trichoderma* spp., aisladas de los patosistemas silvestres, ejercieron un efecto promotor de crecimiento al (1) obtener plantas más vigorosas y altas de *C. chinense* Jacq., y (2) al conseguir mayor biomasa seca total (0,34 g/planta) comparadas con el testigo sin inoculantes. Asimismo, las cepas provenientes de los patosistemas silvestres Th43-13 y Th43-14 son potencialmente prometedoras para emplearse como antagónicas contra juveniles de segundo estadio de *M. incognita*. Esto se debe a que sus filtrados indujeron el 100% de mortalidad durante las primeras 24 h de exposición.

REFERENCIAS

- Arévalo, S.D.J., D.G.M. Carneiro, R.B. López, M.D.G.R. Carneiro, S.M. Tigano y H.L. Díaz (2012). Efecto de la presencia de abono orgánico sobre la actividad de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* (Kamyschko ex Barron y Onions) Zare y Gams frente a *Meloidogyne enterolobii* Yang y Eisenback. *Revista de Protección Vegetal* 27: 167-173.
- Altomare, C., W.A. Norvell, T. Bjorkman y G.E. Harman (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 2926-2933.
- Benítez, T., J. Delgado, M. Rey y M.C. Limón (2004). Biofungicidas: *Trichoderma* as a biocontrol agent against phytopathogenic fungi. En: Pandalai SG (ed), pp. 129-150. Recent developments in microbiology. Vol. 2. Research Signpost, Trivandrum.
- Bills, G.F., C. Matha, P. Matha y G. Thorn (2004). Biodiversity of fungi inventory and monitoring methods. Chapter 13. Saprofitic soil fungi. Elsevier. Ed. Gregory M. Müller, Gerald Bills, Mercedes. S. Foster.
- Castro, A.M y C.A. Revillas (2005). Biorregulación de *Rhizoctonia solani* en germinadores de café. Boletín CENICAFÉ. Avance técnico No. 336.
- Contreras, C.H.A., L.R. Macías, P.N. Cortés y B. López (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 149: 1579-1592.
- Cubillos, H.J, N. Valero y L. Mejía (2009). *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Degener). *Agronomía Colombiana* 27: 81-86.
- Cristóbal, A.J., P.E. Herrera, O.V. Reyes, S.E. Ruíz, S.J.M. Tun y R.T.R. Celis (2006). *Glomus intraradices* para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood en condiciones protegidas. *Fitosanidad* 14: 25-29.
- Danger, H.L., T.B.R. Liens, A.J. Jiménez y O.N. González (2000). Efectividad de *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum* sobre el crecimiento de posturas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y el control de *Meloidogyne incognita* en fase de semillero. Centro Agrícola, No.1. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Gramma 27: 35-40.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Guigón, L.C. y G.P.A. González (2004). Selección de Cepas Nativas spp. con actividad sobre *Phytophthora capsici* Leonian y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum annum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 117-124.
- Harman, G.E. (2000). Myths and dogmas of biocontrol: Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease* 84: 377-393.
- Harman, G.E. (2001). *Trichoderma* spp., including *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum* and other spp. Deuteromycetes, Moniliales (asexual classification system). Biological Control: A guide to natural enemies in North America. Cornell University. Disponible en: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol>.
- Harman, G.C., C. Howell, A. Viterbo, I. Chet y M. Lorito (2004). *Trichoderma* species -opportunistic, a virulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology* 2: 43-56.
- Harman, G.E. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96: 190-194.
- Liu, W.Z. (1995). The coloration of nematode in plant tissue. En: Liu, W.Z. (ed), pp. 71-74. Technology for Studying Plant Nematology (in Chinese). The Sci-Tech Publisher of Liaoning province, Shenyang, PR China.
- Mascarin, G.M., F.B.J. Mauro y V.A. Jerónimo (2012). *Trichoderma harzianum* reduces populations of *Meloidogyne incognita* in cucumber plant under greenhouse conditions. *Journal of Entomology and Nematology* 4: 54-57.
- Nico, A.I., C.I. Mónaco, G.D. Bello y H. Alippi (2003). Efecto de la adición de enmiendas orgánicas al suelo sobre la capacidad patogénica de *Rhizoctonia solani*: Test de Patogenicidad y actividad Biológica de Metabolitos volátiles y Difusibles. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RLA)*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, Argentina. pp. 173-191.

- Ortuño, N., C. Miranda y M. Claros (2013). Selección de cepas de *Trichoderma* spp. generadoras de metabolitos secundarios de interés para su uso como promotor de crecimiento en plantas cultivadas. *Journal Selva Andina Biosphere* 1: 16-24.
- Pérez, J.M., C. Pérez, O. Acosta, H. Gandarilla, A. Pérez, R.C. Rodríguez y C. Andreu (2006). *Trichoderma*: alternativa para el control biológico de nematodos en el marco de una agricultura sostenible. *Fitosanidad* 10: 165.
- Rosso, L., A. De Candia, P. Leonetti y A. Ciancio (2004). Alteraciones histopatológicas causadas por *Meloidogyne incognita* en almendro (*Prunus amygdalus*). *Nematropica* 34: 257-261.
- Sharon, E., I. Chet, A. Viterbo, M.B. Nagan, G.J. Samuels y Y. Spiegel (2007). Parasitism of *Trichoderma* on *Meloidogyne javanica* and role of the gelatinous matrix. *European Journal of Plant Pathology* 118: 247-258.
- Soria, F.M.J., S.J.M. Tun, R.R. Trejo y S. Terán (2002). Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq). SEP.DGETA.ITA-2 Conkal, Yucatán. México. 75 p.
- Siddiqui, I.A. y S.S. Shaukat (2004). *Trichoderma harzianum* enhances the production nematocidal compounds *in vitro* and improves biocontrol of *Meloidogyne javanica* by *Pseudomonas fluorescens* in tomato. *Letters in Applied Microbiology* 38: 169-175.
- Valencia, H., J. Sánchez y N. Valero (2005). Producción de ácido indolacético por microorganismos solubilizadores de fosfato presentes en la rizosfera de *Espeletia grandiflora* y *Calamagrostis effusa* del Páramo el Granizo. En: Bonilla, M. (ed.), pp. 177-193. Estrategias adaptativas de plantas de páramo y del bosque alto andino en la cordillera oriental de Colombia. Unibiblos, Bogotá.
- Vinale, F., Ghisalberti, E.L., Flematti, G., Marra, R., Lorito, M. y K. Sivasithamparam (2010). Secondary metabolites produced by a root-inhabiting sterile fungus antagonistic towards phytopathogens fungi. *Letters in Applied Microbiology* 50: 380-385.
- Vinueza, S., R. Crozzoli y G. Perichi (2006). Evaluación *in vitro* de extractos acuosos de plantas para el control del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*. *Fitopatología de Venezuela* 19: 26-31.
- Ulacio, D.P., J. Salas, P. Querales y M. Sanabria (2002). Micobiota del suelo de zonas productoras de papa del estado Mérida y su relación con *Rhizoctonia*. *Bioagro* 14: 11-16.
- Xalxo, P.C., D. Karkun y A.N. Poddar (2013). Rhizospheric fungal associations of root knot nematode infested *Cucurbits*: *In vitro* assessment of their nematocidal potential. *Research Journal Microbiology* 8: 81-91.
- Zhang, C., I. Druzhinina, C.P. Kubick y T. Xu (2005). *Trichoderma* biodiversity in China: evidence for a north to southern distribution of species in East Asia. *FEMS Microbiology Letters* 251: 251-257.