



Investigación y Ciencia

ISSN: 1665-4412

revistaiyc@correo.uaa.mx

Universidad Autónoma de Aguascalientes

México

Cetz Chi, Jiram Ivan; Alejo, Jairo Cristóbal; Tún Suárez, José María; Peraza Luna, Fernando Antonio; Candelero de la Cruz, Juan  
Especies nativas de *Trichoderma* spp. y su actividad antagónica  
contra *Meloidogine* incognita en *Solanum lycopersicum* L.  
Investigación y Ciencia, vol. 26, no. 73, 2018, January-April, pp. 5-12  
Universidad Autónoma de Aguascalientes  
México

Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67454781001>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's webpage in redalyc.org

UAEM  redalyc.org

Scientific Information System Redalyc

Network of Scientific Journals from Latin America and the Caribbean, Spain and Portugal

Project academic non-profit, developed under the open access initiative

## Especies nativas de *Trichoderma* spp. y su actividad antagónica contra *Meloidogyne incognita* en *Solanum lycopersicum* L.

### Native species of *Trichoderma* spp. and its antagonistic activity against *Meloidogyne incognita* in *Solanum lycopersicum* L.

Jiram Ivan Cetz Chi\*, Jairo Cristóbal Alejo\*, José María Tún Suárez\*,  
Fernando Antonio Peraza Luna\*\*, Juan Candelero de la Cruz\*\*✉

Cetz Chi, J. I., Cristóbal Alejo, J., Tún Suárez, J. M., Peraza Luna, F. A., & Candelero de la Cruz, J. (2018). Especies nativas de *Trichoderma* spp. y su actividad antagónica contra *Meloidogyne incognita* en *Solanum lycopersicum* L. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(73), 5-12.

#### RESUMEN

En condiciones protegidas, se evaluó el potencial antagónico de cinco especies nativas de *Trichoderma*; *T. harzianum* (Th02-04), *T. harzianum* (Th10-D86), *T. simmonsii* (Th33-58), *T. virens* (Th33-59) y *T. virens* (Th26-52), especies comerciales y un testigo sin inoculantes fúngicos, distribuidas en un diseño completamente al azar y cuatro repeticiones en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), inoculadas con tres aplicaciones de  $1 \times 10^6$  conidias  $\text{ml}^{-1}$ . Se inocularon 18, 500 huevos de *M. incognita* y 10 ml con la concentración inicial de las conidias fúngicas, con aplicaciones al momento, a los ocho y 15 días después del trasplante. El producto comercial y las especies *T. virens* (Th26-52 y Th33-59) lograron disminuir hasta 22% la formación de agallas, 87 y 52.39% de inhibición de producción de formación de hembras por gramo de raíz. El control

de estas especies contra el nematodo favoreció el mejor crecimiento vegetativo de las plantas.

#### ABSTRACT

Under protected conditions, the antagonistic potential of five native *Trichoderma* strains was evaluated; *T. harzianum* (Th02-04), *T. harzianum* (Th10-D86), *T. simmonsii* (Th33-58), *T. virens* (Th33-59) and *T. virens* (Th26-52), commercial species and a control without fungal inoculans, distributed in a completely randomized design with four replications in tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) inoculated with three applications of  $1 \times 10^6$  conidia  $\text{ml}^{-1}$  18, 500 eggs of *M. incognita* and 10 ml were inoculated with the initial concentration of fungal conidia and with applications at the moment, at 8 and 15 days after transplantation. The commercial product and the species *T. virens* (Th26-52 and Th33-59) managed to reduce up to 22% the formation of galls, an 87 and achieved a 52.39% inhibition of production of female formation per gram of root. The control of these species against the nematode favored a better vegetative growth of the plant.

**Palabras clave:** microorganismos benéficos; biocontrolador; nematodo agallador; cultivo tomate.

**Keywords:** beneficial microorganisms; biocontroller; knot nematode; tomato crop.

Recibido: 19 de abril de 2017, aceptado: 17 de octubre de 2017

\* División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México. Km 16.3, antigua carretera Mérida-Motul, C. P. 97345, Conkal, Yucatán, México. Correo electrónico: jiram\_ivan17@hotmail.com; jairoca54@hotmail.com; tun@colpos.mx

\*\* División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tizimin, Tecnológico Nacional de México. Final aeródromo Cupul s/n, C. P. 97700, Tizimin, Yucatán, México. Correo electrónico: fperaza45@yahoo.com; candelerocruz@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia

#### INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la búsqueda de nuevos productos que disminuyan el deterioro ambiental debido a la aplicación no planificada de agroquímicos en la producción de alimentos, en los últimos años se ha incrementado el número de

aislamientos de microorganismos benéficos con capacidad para estimular el crecimiento vegetativo y su actividad antagonistas de fitopatógenos (Hernández Ochandía et al., 2015; Pinzón Espinoza, Candellero de la Cruz, Tun Suárez, Reyes Oregel, & Alejo, 2015). En particular, el género *Trichoderma* se caracteriza por su habilidad de crecer y adaptarse a diversos tipos de sustratos y condiciones ambientales adversas; esta capacidad se le atribuye a la producción de metabolitos secundarios volátiles de bajo peso molecular y no volátiles que se liberan durante su establecimiento en la rizosfera (Candellero De la Cruz et al., 2015; González et al., 2012; Pinzón Espinoza et al., 2015).

En la península de Yucatán, el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es el segundo cultivar de importancia económica, después del chile habanero (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2015). Sin embargo, los rendimientos son limitados por fitopatógenos de la raíz que causan pérdidas de producción en su cultivo (Sangüesa-Barreda et al., 2015), como *Meloidogyne incognita* que tiene una amplia distribución geográfica y en algunas regiones agrícolas de México, no sólo causa la formación de agallas en la raíz de este cultivo, sino que facilita la penetración e infección de otros fitopatógenos (Herrera Parra, Cristóbal Alejo, Tun Suárez, Góngora Jiménez, & Lomas Barrie, 2011). Por otra parte, la demanda de alimentos inocuos, la presión de la sociedad para generar nuevas políticas internacionales en el uso de estrategias de control más amigables para la salud humana, el ambiente y la preservación de la biodiversidad de poblaciones antagonistas naturales (Bautista Montealegre, Bolaños Benavides, Massae Asakawa, & Villegas E., 2015; Pakeerathan, Mikunthan, & Tharshani, 2009), exigen tácticas de control biorracional de estos fitopatógenos; con base en lo anterior se planteó el siguiente objetivo de estudio: evaluar especies nativas de *Trichoderma* con actividad supresora en las poblaciones del nemátodo agallador *M. incognita* en *S. lycopersicum* L. bajo condiciones protegidas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de Fitopatología y en área de investigación del Instituto Tecnológico de Conkal, en Yucatán, coordenadas 20° 06' latitud norte y 89° 29' longitud oeste.

### Obtención de huevos y J<sub>2</sub> de *Meloidogyne incognita*

Se tomaron raíces agalladas de *M. incognita* de plantaciones comerciales de *S. lycopersicum* L. para favorecer el desprendimiento de las masas de huevos y eliminar microorganismos que pudieran dañar su viabilidad, se desinfestaron con hipoclorito de sodio (NaClO) a 1% durante 2 min y al finalizar se realizaron lavados sucesivos con agua potable en tamices de malla número 300 y 400, respectivamente. Se colocaron en estufa de cultivo a 28 °C para su eclosión (Candellero De la Cruz et al., 2015; Pinzón Espinoza et al., 2015). Se realizaron cortes perineales de las hembras, confirmado mediante el patrón perineal la identificación de la especie (Jepson, 1987).

### Inoculación *Trichoderma* spp. en semillero

Se obtuvieron de zonas sin actividad agrícola 41 aislados de *Trichoderma* spp. mediante la técnica de filtración de partículas y con éstos se obtuvieron 41 filtrados en medio de cultivo papa dextrosa, para exponer y estimar in vitro el efecto antagonista contra juveniles de segundo estadio (J<sub>2</sub>) de *M. incognita*. El estudio preliminar seleccionó a cinco aislados registrados como Th33-58, Th33-59, Th26-52, Th02-04, y Th10-D86 con la capacidad de causar después de 48 h de exposición 100% de mortalidad del nemátodo. El estudio in vivo de estos aislados seleccionados comenzó con la siembra de semilla tomate cv. Río Grande en charolas de poliestireno de 200 cavidades en sustrato comercial Cosmo Peat® (Soria Fregoso, Tun Suárez, Trejo Rivera, & Terán Saldivar, 2002).

Las cepas nativas de *Trichoderma* pertenecientes al laboratorio de Fitopatología de la misma institución se cultivaron en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) a 28 °C durante ocho días. Cada semilla se inoculó a una concentración de  $1 \times 10^6$  conidias ml<sup>-1</sup> del hongo, al momento de la siembra y 15 días después de la germinación. Las cepas indicadas se identificaron molecularmente con la extracción de DNA, a partir de cultivos monospóricos con el Kit ZR Fungal/Bacterial DNA MiniPrep TM. La amplificación de las regiones ITS1 e ITS2 y 5.8s del ARN ribosomal se realizó con los iniciadores ITS1 e ITS4 (White, Bruns, Lee, & Taylor, 1990).

Los productos de PCR se enviaron a secuenciar a la empresa MacroGen USA, se analizaron y compararon con el banco de genes de NCBI

(National Center for Biotechnology Information) y con ayuda del programa Blast. Los resultados de la identificación con una homología entre 99-100% fue la siguiente: *T. harzianum* (Th02-04), *T. harzianum* (Th10-D86), *T. simmonsii* (Th33-58), *T. virens* (Th33-59) y *T. virens* (Th26-52).

### Inoculación de huevos de *M. incognita* en plantas de tomate

El trasplante se realizó a los 30 días después de la germinación, en bolsas de plástico para vivero (capacidad de 3 kg) y suelo previamente homogenizado. Se inocularon 10 ml por planta de la solución final fúngica y 18, 500 huevos de *M. incognita* con el mismo volumen de agua alrededor del cuello. Se realizaron aplicaciones con la misma concentración inicial ( $1 \times 10^6$  conidias  $\text{ml}^{-1}$ ), una al momento, a los siete y 15 días después del trasplante. Los tratamientos incluyeron cinco aislados de *Trichoderma* spp.; *T. harzianum* (Th02-04), *T. harzianum* (Th10-D86), *T. simmonsii* (Th33-58), *T. virens* (Th33-59) y *T. virens* (Th26-52), dos testigos; un producto comercial, Fithán (*Trichoderma* spp.) y un testigo sin inoculante fúngico (SINF); cada tratamiento incluyó 10 repeticiones, con 10 plantas como unidad experimental, distribuidas en un diseño completamente al azar, durante 40 días en condiciones protegidas.

### Variables de estimación de control del nemátodo

**Índice de agallamiento.** El índice de agallamiento causado por el nemátodo en los tratamientos se obtuvo en porcentaje mediante el uso de una escala de severidad con 6 clases (Taylor & Sasser, 1983), y para propósitos de análisis se utilizó el punto medio de cada clase: G-0=0, G-1=1-10, G-2=11-25, G-3=26-50, G-4=51-75 y G-5=76-100.

**Huevos por un gramo de raíz.** Se fragmentaron raíces y se homogenizaron para tomar un gramo de muestra, se licuaron con 30 ml de cloro a 2% durante 11 segundos, se pasaron a tamices de malla número 50, 100, 200, 300 y 400. Se lavaron en agua corriente, éstas se depositaron en frascos de cristal. Finalmente, se contabilizaron con la ayuda de una cámara cuenta nemátodos al microscopio compuesto (Cristóbal Alejo et al., 2010).

**Hembras por un gramo de raíz.** Para facilitar la disección y observación de hembras adultas que se encuentran en el cilindro vascular se tiñeron con 4 ml de fucsina ácida en 50 ml de agua destilada, se colocó un gramo de raíz, envueltas con las

gasas tipo tela hasta punto de ebullición. Una vez a temperatura ambiente y después de una serie de lavados con agua, se conservaron en glicerina. Para extraer y contabilizar el número de hembras, las raíces teñidas se disecaron con la ayuda de agujas de disección a través del microscopio estereoscópico (Pinzón Espinoza et al., 2015). Transcurridos 40 días se midieron las variables agronómicas; en la variable altura de planta se procedió a extraer las plantas de las bolsas y se fragmentaron las raíces del tallo, con cinta métrica se midió desde el ápice de la planta hasta la base del tallo. Una vez tomadas las muestras de los diferentes estudios se determinó el peso seco foliar de tallos y hojas fraccionadas, se depositaron en bolsas de papel estraza, se colocaron en una estufa de secado a 45 °C durante 20 días. Para el peso seco de raíz se realizó de la misma manera que en la variable peso seco foliar, solamente que para eliminar el exceso de humedad fue durante 10 días. Al finalizar el secado se pesaron en una balanza analítica de marca Denver instrument PK-2401. El volumen de raíces se calculó por desplazamiento volumétrico de agua con una probeta de 1000 ml de capacidad.

### Análisis estadístico

Con la información obtenida de las variables respuesta se realizó el análisis de varianza, cuando se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, se utilizó como comparador de medias el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico InfoStat versión 2014 (Di Rienzo, 2012).

## RESULTADOS

### Formación de agallas de *M. incognita*

El análisis de varianza mostró altas diferencias significativas ( $P \leq 0.001$ ) entre tratamientos para la variable formación de agallas. El testigo comercial (Fithan ®) conformado por un consorcio de *Trichoderma* spp. y las especies *T. virens* (Th26-52) y *T. simmonsii* (Th33-59) tuvieron el mejor efecto (Tukey,  $\leq 0.05$ ) antagónico, al permitir rangos que oscilaron de 26 a 28% la formación de este parámetro. Le siguen en efectividad biológica las especies *T. simmonsii* (Th33-58) y *T. harzianum* (Th10-D86), hasta con 53% de formación de agallas (tabla 1). Con menos efecto, la especie *T. harzianum* (Th02-04) y el tratamiento testigo sin inoculantes fúngicos (SINF) registraron el valor más alto en este parámetro de estimación, con 70.50 y 84.40% de raíces con agallas.

Tabla 1  
Efecto antagónico de especies de *Trichoderma* en el control y reproducción de *Meloidogyne incognita*

| Tratamientos                      | Severidad en la raíz<br>(%) | Número de                      |                                 |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|                                   |                             | huevos por un<br>gramo de raíz | hembras por un<br>gramo de raíz |
| Testigo sin inoculantes fúngicos  | 84.40a                      | 8161.70a                       | 226.60a                         |
| <i>T. harzianum</i> (Th02-04)     | 70.50a                      | 4470.60b                       | 173.50b                         |
| <i>T. harzianum</i> (Th10-D86)    | 53.00b                      | 3200.80b                       | 155.90b                         |
| <i>T. simmonsii</i> (Th33-58)     | 45.50b                      | 2997.60c                       | 107.90c                         |
| <i>T. virens</i> (Th33-59)        | 28.00c                      | 1062.60d                       | 100.20c                         |
| <i>T. virens</i> (Th26-52)        | 26.00c                      | 912.90d                        | 94.40c                          |
| <i>Trichoderma</i> spp. (Fithán®) | 22.00c                      | 887.10d                        | 77.70c                          |
| DMS                               | 6.02                        | 362.63                         | 17.02                           |
| C.V.                              | 9.40                        | 8.59                           | 9.35                            |

Nota: barras con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), DMS: diferencia mínima significativa, C.V.: coeficiente de variación (%).  
Elaboración propia.

### Número de huevos de *M. incognita*

El análisis de la varianza evidenció altas diferencias significativas ( $P \leq 0.001$ ) entre tratamientos para el número de huevos por un gramo de raíz en plantas de *S. lycopersicum* L. tratadas con aislados fúngicos de *Trichoderma* spp.

El producto comercial (Fithan®) y las especies identificadas como *T. virens* (Th26-52) y *T. virens* (Th33-59) estadísticamente fueron iguales (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), con efectos supresores que oscilaron de 87 a 89.14% en la disminución de huevos por un gramo de raíz de este fitoparásito; siguen las plantas tratadas con las conidiosporas de la especie *T. simmonsii* (Th33-58), con 63.28% de inhibición sobre este parámetro de estimación; continúan en menor porcentaje las especies *T. harzianum* (Th10-D86 y Th02-04) con rangos que van de 45.23 a 60.79% de disminución en la reproducción de este nemátodo. El tratamiento testigo sin inoculantes fúngicos (SINF) tuvo la reproducción más alta del nemátodo con una media de hasta 8,161.70 huevos por un gramo de raíz en *S. lycopersicum* (tabla 1).

### Número de hembras de *M. incognita*

En el análisis de varianza la variable mostró una reducción significativa ( $P \leq 0.001$ ) en el número de hembras por un gramo de raíz. Las especies, *T. virens* (Th26-52), *T. simmonsii* (Th33-58), *T. virens* (Th33-59) y el producto comercial (Fithan®) obtuvieron entre

52.39 y 65.72% de reducción sobre este parámetro de estimación; continúan en efectividad biológica las especies *T. harzianum* (Th10-D86) y *T. harzianum* (Th02-04) que disminuyeron la formación de hembras por gramo de raíz de 23.44 al 31.21%. El testigo sin inoculantes fúngicos (SINF) presentó el promedio más alto con 226.60 hembras por gramo de raíz teñida (tabla 1).

### Variables agronómicas

El análisis de varianza ( $P \leq 0.001$ ) detectó altas diferencias significativas entre tratamientos para las variables agronómicas de respuesta consideradas para este estudio. En relación con la variable altura de la planta, las especies *T. simmonsii* (Th33-58), *T. virens* (Th33-59), *T. virens* (Th26-52) y el producto comercial (Fithan®) registraron los valores más altos, con incrementos que oscilan de 8.43 a 14.24% de plantas con mayor altura (figura 1). En la variable peso seco foliar resultaron ser positivas en las plantas inoculadas con las cepas *T. virens* (Th33-59) y *T. simmonsii* (Th33-58) con incrementos de 7.33 a 38.48% superiores con respecto al testigo sin inoculantes fúngicos.

Del peso seco de la raíz, las especies *T. virens* (Th33-59), y *T. harzianum* (Th02-04) incrementaron hasta 51.57% la ganancia de esta variable. Para la variable volumen radical, las plantas inoculadas con las especies de *Trichoderma* del producto





Figura 1. Efecto de las especies de *Trichoderma* como promotor del crecimiento en plantas de tomate (*S. lycopersicum* L.) inoculadas con *Meloidogyne incognita*. Fotografía del equipo de trabajo.

comercial (Fithan®) y la especie *T. virens* (Th33-59) indujeron los incrementos más altos, con rangos de ganancias que oscilan de 12.19 a 30.68%. El testigo sin los inoculantes fúngicos presentó los valores más bajos de crecimiento de las plantas (tabla 2).

## DISCUSIÓN

Las plantas con mayor cantidad de agallas mostraron una clorosis generalizada, marchitamiento, déficit hídrico generalizado, raíces atrofiadas, poco

ramificadas y carentes de pelos absorbentes. Estos síntomas se observan con mayor severidad cuando se incrementa la producción de proteínas en las agallas, lo cual induce un mal funcionamiento de los reguladores de crecimiento que se asocian con la inadecuada absorción, asimilación y translocación de nutrimentos en toda la planta (Carrillo Fasio, García Estrada, Allende Molar, Márquez Zequera, & Cruz Ortega, 2000).

El efecto supresor en la producción de huevos se encuentra a favor de los tratamientos inoculados con las especies de *Trichoderma*. Resultados similares fueron reportados por Mendoza, Wilson y Colina (2013), así como por Pinzón Espinoza et al. (2015), quienes al evaluar especies nativas y comerciales como *T. atroviride*, *T. harzianum* y *T. viride* en plantas de tomate, lograron disminuir el número de huevos por un gramo de raíz licuada de este cultivar. Leyva Pérez, Castellanos González y Pérez Fernández (2011) al evaluar alternativas con la inclusión de *T. viride*, *Bacillus thuringiensis* y desechos de col fragmentados, lograron afectar la viabilidad parasitaria y con esto reducir hasta 52.67% las poblaciones de *M. incognita* en este mismo cultivar. Por su parte, Goswami, Pandey, Rathour, Bhattacharya, & Singh (2006) con aplicaciones de *Paecilomyces lilacinus* y *T. viride* lograron disminuir hasta 17% la formación de masas de huevos por un gramo de raíz licuada de este fitonemátodo agallador.

Tabla 2  
Efecto de las especies de *Trichoderma* en el crecimiento y desarrollo de plantas de tomate en condiciones protegidas

| Tratamientos                     | Altura<br>cm | Peso seco foliar<br>(tallos y hojas)<br>g | Peso seco<br>de raíz<br>g | Volumen<br>radical<br>cm <sup>3</sup> |
|----------------------------------|--------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Testigo sin inoculantes fúngicos | 81.30c       | 22.84d                                    | 2.76d                     | 37.50c                                |
| <i>T. harzianum</i> (Th02-04)    | 90.20ab      | 30.75bc                                   | 5.20ab                    | 44.50bc                               |
| <i>T. harzianum</i> (Th10-D86)   | 86.80ab      | 28.97c                                    | 3.62cd                    | 40.80bc                               |
| <i>T. simmonsii</i> (Th33-58)    | 94.80a       | 34.41ab                                   | 3.90cd                    | 45.40bc                               |
| <i>T. virens</i> (Th33-59)       | 94.00a       | 37.13a                                    | 5.76a                     | 47.50ab                               |
| <i>T. virens</i> (Th26-52)       | 92.40a       | 32.01bc                                   | 4.33bc                    | 44.90bc                               |
| Fithan®                          | 92.20a       | 31.70bc                                   | 3.35cd                    | 54.10a                                |
| DMS                              | 10.48        | 1.28                                      | 3.92                      | 8.79                                  |
| C.V %                            | 8.53         | 22.83                                     | 9.26                      | 14.36                                 |

Nota: Medias con las mismas literales dentro de columnas son estadísticamente iguales, (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), DMS: diferencia mínima significativa, C.V.: coeficiente de variación (%).

Elaboración propia.

La reproducción de hembras (*M. incognita*) en raíces de *S. lycopersicum* disminuyó significativamente por consecuencia de las especies de *Trichoderma*. Estudios realizados por Hernández Ochandía et al. (2015), al evaluar el potencial de *T. asperellum* ( $10^7$  UFC  $\text{ml}^{-1}$ ) como biocontrolador de *M. incognita* en plantas de tomate, causó una disminución sobre este parámetro de estimación. Asimismo, la eficiencia antagonista con aplicaciones individuales de *Paezilomyces lilacinus* y *T. viride*, redujeron hasta 37.67 y 21.05% respectivamente, el número de hembras de *M. incognita* (Candelerio De la Cruz et al., 2015; Goswami et al., 2006; Pinzón Espinoza et al., 2015). El mecanismo que mejor explica este efecto es la producción de compuestos capaces de inducir una respuesta de defensa local o sistémica, se asocian con la síntesis y acumulación de fitoalexinas y flavonoides, a los derivados fenólicos como el 2, 4 diacetilfloroglucinol: DAGP (Chet, Viterbo, Brotman, & Lousky, 2006; Siddiqui & Shaukat, 2004). También se demostró que la producción de antibióticos (Ayatollahy & Fateemy, 2010; Liu, Zhai, Liu, & Zhang, 2009) y de la toxina verticilina A, B y C inducen inhibición de la eclosión de huevos, inmovilidad y mortalidad de juveniles de segundo estadio ( $J_2$ ) de los nematodos agalladores (Cardona Bustos, Pavas, & Fernández E., 2014).

Así como en este estudio, Haseeb, Sharma y Shukla (2005), además de reducir las poblaciones de *M. incognita*, obtuvieron plantas con mayor vigor y crecimiento vegetativo de hasta 16 y 17.8%. El control del nemátodo por las especies de *Trichoderma* y

la producción del ácido indol-acético, y otros compuestos afines (Vera, Pérez, & Valencia, 2002), son factores que favorecen la solubilización de fosfatos en la rizosfera de los que la planta puede disponer como cationes; hierro, magnesio y manganeso para su nutrición. Sin embargo, resultados contrarios fueron reportados por Del Castillo-Algarate, Collantes-Arana, Cox-Trigoso y Wilson-Krugg (2014), al evaluar la actividad antagonista de especies de *Trichoderma* en la reproducción de *M. incognita* en plantas de *S. lycopersicum*, donde causaron una disminución del peso radicular debido a la formación de huevos que implicaron mayor demanda de agua, nutrimentos, los productos de la fotosíntesis son más vulnerables y en consecuencia disminuye la eficiencia en la formación de raíces primarias y secundarias (Carrillo Fasio et al., 2000).

## CONCLUSIONES

Las especies nativas de *Trichoderma*; *T. virens* (Th26-52), *T. virens* (Th33-59) y el producto comercial Fithán® son una alternativa de control biológico eficaz contra *M. incognita*, al reducir hasta 62.20% la formación de agallas, 88.82% el número de huevos por un gramo de raíz licuada y hasta 65.72% de reducción en el número de hembras por un gramo de raíz teñida de *S. lycopersicum*. Además, *T. virens* (Th33-59) fue la más consistente en la actividad antagonista del fitonemátodo agallador y con efectos significativos en los parámetros de estimación sobre el crecimiento de la planta de tomate en condiciones protegidas.

## REFERENCIAS

- Ayatollahy, E., & Fatemy, S. (2010). In vitro assessment of pathogenicity and culture filtrates of fungi against *Heterodera schachtii*. *Applied Entomology and Phytopathology*, 77(2), 15-17. Recuperado de [http://www.sid.ir/EN/VEWSSID/J\\_pdf/87720100201.pdf](http://www.sid.ir/EN/VEWSSID/J_pdf/87720100201.pdf)
- Bautista Montealegre, L. G., Bolaños Benavides, M. M., Massae Asakawa, N., & Villegas E., B. (2015). Respuesta de fitonematodos de plátano Musa ABB Simmonds a estrategias de manejo integrado del suelo y nutrición. *Revista Luna Azul de la Universidad de Caldas*, 40, 69-84. doi: 10.17151/luaz.2015.40.6
- Cardona Bustos, N. L., Pavas, H., & Fernández E., P. (2014). Efecto del filtrado crudo de *Purpureocillium* sp. (Cepa UdeA 0106), sobre la eclosión de huevos y movilidad de juveniles de *Meloidogyne incognita-javanica*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(2), 37-44. doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v16n2.47241
- Carrillo Fasio, J. A., García Estrada, R. S., Allende Molar, R., Márquez Zequera, I., & Cruz Ortega, J. E. (2000). Identificación y distribución de especies del nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) en hortalizas, en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2), 115-119. Recuperado <http://www.redalyc.org/pdf/612/61218208.pdf>
- Candelero De la Cruz, J., Cristóbal Alejo, J., Reyes Ramírez, A., Tún Suárez, J. M., Gamboa Angulo, M. M., & Ruíz Sánchez, E. (2015). *Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagonicas contra *Meloidogyne incognita*. *PHYTON. International Journal of Experimental Botany*, 84(1), 113-119. Recuperado de [https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/519/1/2015\\_AI\\_id37069\\_Marcela\\_Gamboa.pdf](https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/519/1/2015_AI_id37069_Marcela_Gamboa.pdf)
- Chet, I., Viterbo, A., Brotman, Y., & Lousky, T. (2006). Enhancement of plant disease resistance by the biocontrol agent *Trichoderma*. *Life Sciences*. Recuperado de [http://www.weizmann.ac.il/Biology/open\\_day\\_2006/book/Abstracts/Ilan\\_Chel.pdf](http://www.weizmann.ac.il/Biology/open_day_2006/book/Abstracts/Ilan_Chel.pdf)
- Cristóbal Alejo, J., Herrera-Parra, E., Reyes Oregel, V., Ruiz Sánchez, E., Tún Suárez, J. M., & Celis Rodríguez, T. (2010). *Glomus intraradices* contra el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood en condiciones protegidas. *Fitosanidad*, 14(1), 25-29. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/fit/v14i1/fit04110.pdf>
- Del Castillo-Algarate, O., Collantes-Arana, C., Cox-Trigoso, G., & Wilson-Krugg, J. (2014). Efecto de dos especies nativas de *Trichoderma* sobre huevos y juveniles de *Meloidogyne* sp. en condiciones de laboratorio. *REBIOLEST. Revista Científica de Estudiantes de la Universidad Nacional de Trujillo*, 2(1), e24. Recuperado de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/641>
- González, I., Infante, D., Martínez, B., Arias, Y., González, N., Miranda, Y., & Peteira, B. (2012). Induction of chitinases and glucanases in *Trichoderma* spp. strains intended for biological control. *Biotechnología Aplicada*, 29, 12-16. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/bta/v29n1/bta02112.pdf>
- Goswami, B. K., Pandey, R. K., Rathour, K. S., Bhattacharya, C., & Singh, L. (2006). Integrated application of some compatible biocontrol agents along with mustard oil seed cake and furadan on *Meloidogyne incognita* infecting tomato plants. *Journal Zhejiang University Science B*, 7(2), 873-875. doi: 10.1631/jzus.2006.B0873
- Haseeb, A., Sharma, A., & Shukla, P. K. (2005). Studies on the management of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*-wilt fungus, *Fusarium oxysporum* disease complex of green gram, *Vigna radiata* cv. ML-1108. *Journal of Zhejiang University Science B*, 6(8), 736-742. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16052706>
- Hernández Ochandía, D., Rodríguez, M. G., Peteira, B., Miranda, I., Arias, Y., & Martínez, B. (2015). Efecto de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt y Nirenberg sobre el desarrollo del tomate y *Meloidogyne incognita* (Kofoed y White) Chitwood. *Revista de Protección Vegetal*, 30(2), 139-147. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n2/rpv08215.pdf>
- Herrera Parra, E., Cristóbal Alejo, J., Tún Suárez, J. M., Góngora Jiménez, J. A., & Lomas Barrie, C. T. (2011). Nematofauna nociva (*Meloidogyne* spp.) en cultivos hortícolas tropicales: Distribución y perspectivas de manejo en Yucatán. En M. Gamboa Angulo & R. Rojas Herrera (Eds.), *Recursos genéticos microbianos en la zona Golfo-Sureste de México* (Vol. 1, pp. 138-150). México: Subnargem-CICY-UADY-SAGARPA.
- Jepson, S. (1987). *Identification of root-knot nematodes* (*Meloidogyne* species). WI: C.A.B. International.
- Leyva Pérez, A. R., Castellanos González, L., & Pérez Fernández, A. C. (2011). Alternativas de lucha contra nemátodos noduladores en el cultivo del tomate en condiciones de organopónicos. *Centro Agrícola*, 38(3), 5-9.
- Liu, Y. J., Zhai, C. Y., Liu, Y., & Zhang, K. Q. (2009). Nematicidal activity of *Paecilomyces* spp. and isolation of a novel active compound. *The Journal of Microbiology*, 47(3), 248-252. doi: 10.1007/s12275-009-0012-2



- Mendoza, G. A. T., Wilson, J. H., & Colina, J. C. (2013). Efecto de *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre huevos de *Meloidogyne* sp. en condiciones de laboratorio. *REBIOLEST. Revista Científica de Estudiantes de la Universidad Nacional de Trujillo*, 1(2), e65. Recuperado de <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/479/457>
- Pakeerathan, K., Mikunthan, G. I., & Tharshani, N. (2009). Effect of different animal manures on *Meloidogyne incognita* (Kofoed and White) on tomato. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(4), 432-435.
- Pinzón Espinoza, L. F., Candelero de la Cruz, J., Tun Suárez, J. M., Reyes Oregel, V., & Alejo, C. J. (2015). Control de *Meloidogyne incognita* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con la aplicación de *Trichoderma harzianum*. *Fitosanidad*, 19(1), 5-11. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209146971001>
- Sangüesa-Barreda, G., Camarero, J. J., Linares, J. C., Hernández, R., Oliva, J., Gazol, A., González de Andrés, E., Montes, F., ..., de la Riva, J. (2015). Papel de los factores bióticos y las sequías en el decaimiento del bosque: Aportaciones desde la dendroecología. *ECOSISTEMAS. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 24(2), 15-23. doi: 10.7818/ecos.2015.24-2.03
- Siddiqui, I. A., & Shaukat, S. S. (2004). *Trichoderma harzianum* enhances the production of nematicidal compounds *in vitro* and improves biocontrol of *Meloidogyne javanica* by *Pseudomonas fluorescens* in tomato. *Letters in Applied Microbiology*, 38(2), 169-175. doi:10.1111/j.1472-765X.2003.01481.x
- Soria Fregoso, M. J., Tun Suárez, J. M., Trejo Rivero, A. J., & Terán Saldívar, R. (2002). *Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.)*. Conkal, Yucatán, México: SEP.DGETA.ITA-2. Recuperado de [https://www.cofupro.org.mx/cofupro/archivo/fondo\\_sectorial/Michoacan/32michoacan.pdf](https://www.cofupro.org.mx/cofupro/archivo/fondo_sectorial/Michoacan/32michoacan.pdf)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). Avance de siembras cosechas. Resumen Nacional por producto, Otoño-Invierno 2014 de riego y temporal [Base de datos]. Recuperado de <http://www.siap.gob.mx/index>
- Taylor, A. L., & Sasser, J. N. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). EE. UU.: Universidad del estado de Carolina del Norte-Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Recuperado de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAQ245.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAQ245.pdf)
- Vera, D. F., Pérez, H., & Valencia, H. (2002). Aislamiento de hongos solubilizadores de fosfatos de la rizósfera del arazá (*Eugenia stipitata*, Myrtaceae). *Acta Biológica Colombiana*, 7(1), 33-40. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26037>
- White, T. J., Bruns, T. D., Lee, S. B., & Taylor, J. W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. En M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, & T. J. White (Eds.), *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* (pp. 315-321). San Diego, CA: Academic Press.