



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**CONTROL MICROBIANO DE *Meloidogyne incognita* EN
Capsicum chinense BAJO UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN ORGÁNICA.**

TESIS

Que presenta:

Citlally Guadalupe Puc Flores

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Jairo Cristóbal Alejo

Conkal, Yucatán, México

Diciembre, 2023



TecNM

Conkal, Yucatán, México a 1 de diciembre de 2023.

El comité de tesis de la candidata a grado: Ing. Citlally Guadalupe Puc Flores, constituido por los CC. Dr. Jairo Cristóbal Alejo, Dr. José María Tun Suárez, y Dr. Eduardo Villanueva Couoh, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **CONTROL MICROBIANO DE *Meloidogyne incognita* en *Capsicum chinense* BAJO UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE



Dr. Jairo Cristóbal Alejo
Director de Tesis



Dr. José María Tun Suárez)
Asesor de Tesis



Dr. Eduardo Villanueva Couoh
Asesor de Tesis



Conkal, Yucatán, México a 1 de diciembre de 2023

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Citlally Guadalupe Puc Flores

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.2.1. Importancia del chile habanero.....	2
1.2.2. Caracterización del género <i>Meloidogyne</i> spp.	2
1.2.3. <i>Meloidogyne incognita</i>	3
1.2.4. Alternativas para el control de <i>Meloidogyne incognita</i>	4
1.2.5. <i>Trichoderma</i> spp.....	5
1.2.6. <i>Trichoderma</i> en el control de <i>Meloidogyne incognita</i>	5
1.3. Hipótesis.....	6
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Procedimiento experimental.....	8
1.5.1. Diagrama estrategia experimental para el desarrollo de protocolo	8
1.6. Literatura citada	9
CAPÍTULO II. CONTROL MICROBIANO DE <i>Meloidogyne incognita</i> EN CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i>) EN CONDICIONES PROTEGIDAS.....	13
Resumen.....	13

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Capítulo II

Cuadro 1. Efecto de tratamientos en el control de <i>M. incognita</i> estimado con parámetros epidemiológicos en el cultivo orgánico de <i>C. chinense</i>	21
Cuadro 2. Efecto de tratamientos en número de huevos de <i>M. incognita</i> en el cultivo orgánico de <i>C. chinense</i>	22
Cuadro 3. Efecto de tratamientos en el número de hembras de <i>M. incognita</i> en el cultivo orgánico de <i>C. chinense</i>	23
Cuadro 4. Efecto de tratamientos en el control de <i>M. incognita</i> en las variables agronómicas del cultivo orgánico de <i>C. chinense</i>	25
Cuadro 5. Efecto de tratamientos en el rendimiento de frutos en el cultivo de <i>C. chinense</i>	27
Figura 1. Curvas del progreso de índice de agallamiento en el cultivo orgánico de <i>C. chinense</i> , durante el período de 56 – 137 días posteriores al trasplante.....	19

RESUMEN

Entre las enfermedades que atacan a las plantaciones de chile habanero, las de mayor incidencia son las ocasionadas por patógenos con origen en el suelo, que son difíciles de erradicar. Uno de los patógenos responsables de estas enfermedades son los nematodos, su severidad ha llevado a los agricultores a la aplicación de nematicidas sintéticos, que no solo aumentan los costos de producción, sino que también son una amenaza para la salud pública y el ambiente. Como alternativa puede emplearse microorganismos antagonistas, por ejemplo, especies de *Trichoderma* que por sus propiedades de biocontrol, tiene resultados sobresalientes para el manejo de estos fitopatógenos. Este trabajo tuvo como objetivo general estimar el control de *M. incognita* con el uso de agentes microbianos nativos en *Capsicum chinense* cv. Izamal, bajo un sistema de producción orgánica. Como objetivos específicos se evaluó la efectividad individual de *Trichoderma asperellum* (Ta 13-17) y *T. erinaceum* (Te 10-15) y la combinación de éstas en condiciones protegidas. Se trasplantaron plántulas de chile habanero de 45 días de germinadas, en bolsas de vivero de 5kg, en sustrato a base de suelo, bocashi y rocas volcánicas (6:3:1) se realizaron tres inoculaciones de cepas nativas de *T. asperellum* (Ta 13-17), *T. erinaceum* (Te 10-15), posteriormente se aplicó dos tratamientos testigo (plantas sin el control del nematodo) y otro con nematicida de síntesis química Vydate®24 en dosis de 2mL L⁻¹ de agua, al momento del trasplante. Durante el ciclo del cultivo se realizaron cuatro muestreos destructivos a los 56, 90, 122 y 137 días después del trasplante, en donde se estimó la severidad mediante el índice de agallamiento con una escala de 6 clases, en las variables de reproducción del nematodo: número de huevos y hembras por g de raíz, el tratamiento combinación *T. asperellum* (Ta 13-17) y *T. erinaceum* (Te 10-15) mostró menor índice de agallamiento con una reducción del 86.17% con respecto al testigo, así como disminuyó un 75% al 85% en número de huevos y hembras por g de raíz teñida.

En la variable rendimiento el tratamiento con inoculación de *T. asperellum* (Ta 13-17) y la combinación *T. asperellum* (Ta 13-17) y *T. erinaceum* (Te 10-15) obtuvieron un aumento del 40% al 50% en producción de frutos por planta, con respecto al testigo.

Palabras clave: *Trichoderma*, control microbiano, efectividad.

ABSTRACT

Among the diseases that attack habanero chili plantations, the most common are those caused by soil-borne pathogens, which are difficult to eradicate. One of the pathogens responsible for these diseases are nematodes, and their severity has led growers to apply synthetic nematicides, which not only increase production costs, but also pose a threat to public health and the environment. As an alternative, antagonistic microorganisms can be used, for example, *Trichoderma* species that, due to their biocontrol properties, have outstanding results for the management of these phytopathogens. The general objective of this work was to estimate the control of *M. incognita* with the use of native microbial agents in *Capsicum chinense* cv. Izamal, under an organic production system. As specific objectives, the individual effectiveness of *Trichoderma asperellum* (Ta 13-17) and *T. erinaceum* (Te 10-15) and their combination under protected conditions was evaluated. Habanero chili seedlings were transplanted 45 days after germination, in 5 kg nursery bags, in a substrate based on soil, bocashi and volcanic rocks (6:3:1), and three inoculations of native strains of *T. asperellum* (Ta 13-17), *T. erinaceum* (Te 10-15), then two control treatments were applied (plants without nematode control) and another with a chemically synthesized nematicide Vydate®24 at a dose of 2mL L⁻¹ of water, at the time of transplanting. During the crop cycle, four destructive samplings were made at 56, 90, 122 and 137 days after transplanting, where the severity was estimated by means of the gilling index with a scale of 6 classes, in the nematode reproduction variables: number of eggs and females per g of root, the combination treatment *T. asperellum* (Ta 13-17) and *T. erinaceum* (Te 10-15) showed a lower gilling index with a reduction of 86.17% with respect to the control, as well as a 75% to 85% reduction in the number of eggs and females per g of stained root.

In the yield variable, the treatment with inoculation of *T. asperellum* (Ta 13-17) and the combination *T. asperellum* (Ta 13-17) and *T. erinaceum* (Te 10-15) obtained an increase of 40% to 50% in fruit production per plant, with respect to the control.

Key words: *Trichoderma*, microbial control, effectiveness.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.Introducción

El cultivo de chile (*Capsicum* spp.) en México se ha manejado frecuentemente junto con la calabaza, maíz y frijol, que en conjunto han sido constituidos como la base de la alimentación en Mesoamérica (CONAPROCH, 2007). Los conquistadores españoles y portugueses lo llevaron por el resto de América, Europa, Asia y África, en varios años se convirtió en producto de consumo mundial (Ochoa, 2005). El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es de origen sudamericano. Se cultiva en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Las características agroecológicas que distinguen a la península de Yucatán, son esenciales para este cultivo.

El 80% de la producción de *C. chinense* se comercializa como fruto fresco y el restante se destina a la elaboración de salsas, pastas y deshidratados. Se exporta principalmente a Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y Alemania (ASERCA, 2018).

El cultivo de chile habanero se limita por la incidencia de patógenos de la raíz, lo que contribuye a una inviabilidad del cultivo. Entre los patógenos de mayor importancia se encuentran los nematodos agalladores (Requena, 2013), principalmente *Meloidogyne incognita*.

Para el control de esta especie de nematodo se han evaluado nematicidas de síntesis química, el alto costo y los efectos tóxicos que trae consigo, ha motivado a la búsqueda de alternativas menos dañinas. En la actualidad, se implementa un control biológico, con la utilización de microorganismos antagonistas. Este control microbiano, es una alternativa para el manejo de patógenos, con un impacto positivo hacia el ambiente (Requena 2013). Entre los microorganismos antagonistas está *Trichoderma* spp., con la capacidad de antagonizar, parasitar o incluso eliminar al organismo parásito. En este mecanismo pueden actuar los fenómenos de antibiosis y competencia, ocurriendo en cuatro etapas: Crecimiento quimio trófico; donde *Trichoderma* spp. crece en respuesta a algún estímulo del parásito o hacia un gradiente de químicos producidos por el mismo (Druzhinina *et al.*, 2011). Las especies de *Trichoderma* spp. han sido estudiados por varios investigadores, ya que ofrecen perspectivas como agentes biocontroladores, parasitan huevos de nematodos, son efectivos en reducir las poblaciones, de manera que el estudio de estos es indispensable para la actividad agrícola.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Importancia del chile habanero

El cultivo del chile (*Capsicum* spp.) se ubica entre las siete hortalizas más cultivadas en el mundo, con una producción mundial estimada de 24 millones de toneladas. Los principales países productores son: China, con 14.2 millones de toneladas, seguida de México, con un volumen de 2,379,736.0 t, equivalente a 7.6 % (FAOSTAT, 2012).

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es un cultivo tradicional en el sureste de México y Yucatán es el principal productor (Borges *et al.*, 2014). En 2019 fueron sembradas 345.39 ha en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, lo que representó una producción de 5,782.7 t, de las cuales Yucatán contribuyó con el 40% de esta producción (SIAP, 2019).

Estudios han definido como centro de origen del género *Capsicum* a una gran área ubicada entre el sur de Brasil y el este de Bolivia, al oeste de Paraguay y el norte de Argentina. En esta región se observa la mayor distribución de especies silvestres (Ruiz *et al.*, 2011).

1.2.2. Caracterización del género *Meloidogyne* spp.

Meloidogyne spp., es uno de los géneros estudiados y reconocidos como parásitos de plantas que tienen una incidencia mayor en el área agrícola. Estos nematodos polífagos mantienen una distribución mundial y se encuentran en cultivos de importancia agrícola (Whitehead, 1998).

La morfología del nematodo cambia durante su ciclo de vida. El primer estadio juvenil se forma en el huevo al final de la embriogénesis. El segundo estadio juvenil surge al eclosionar el huevo, inicialmente es filiforme y con motilidad para posteriormente pasar a un estadio sedentario (Escobar, 2006).

Los machos son filiformes, móviles y no se alimentan. En las especies más comunes de *Meloidogyne* los machos no son necesarios para la reproducción ya que por lo general se reproducen por partenogénesis (Eisenback, 1985).

Las hembras son sedentarias después de establecerse en el hospedero. Su sistema digestivo está especializado para mantener la relación parásito – hospedero. La mayor parte de los nutrientes obtenidos son destinados a la reproducción (Eisenback, 1985).

Las especies de *Meloidogyne* se caracterizan por producir agallas a nivel de las raíces

de su hospedero. Sus huevos están incorporados dentro de una matriz gelatinosa depositada generalmente sobre las agallas. Dicha matriz puede contener hasta 500 huevos. El desarrollo embrionario de éstos va a depender de la temperatura, ocurriendo entre 9 y 31 días. Una vez que los juveniles de segundo estadio eclosionan de las masas de huevos, infestan las raíces de las plantas susceptibles, éstos no se mueven por azar, ya que sus movimientos obedecen a estímulos emanados por las raíces, que son captados por eficientes quimiorreceptores. Luego de la penetración, el juvenil migra por el interior de la raíz sin romper células. Cuando se establecen, para alimentarse y protegerse causan hiperplasia e hipertrofia del tejido vegetal (Hussey, 1985).

En México especies como *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla* han sido más comunes, entre ellas destaca *M. incognita* como la causante de las mayores pérdidas de producción en la horticultura tropical (Cid del prado *et al.*, 2001).

1.2.3. *Meloidogyne incognita*

Meloidogyne incognita es comúnmente descrito como un nematodo parásito de plantas, su longitud oscila entre los 0.5 y 6.5 mm. En las hembras los modelos perineales tienen un arco dorsal alto formado por estrías que pueden ser desde lisas hasta onduladas. Algunas estrías se bifurcan cerca de las líneas laterales, las que no están claramente visibles. Frecuentemente se observan estrías que se dirigen hacia la vulva (Einsenback *et al.*, 1983). Los estiletes en las hembras, el cono de este mismo está claramente curvado dorsalmente. La porción anterior del cono es cilíndrica y la mitad posterior, cónica. La columna es ligeramente más ancha en la base. Los nódulos son anchos y planos, separados de la columna y con proyecciones hacia la parte anterior tan marcadas en algunos especímenes, que cada nódulo se ve como si fueran dos. En la morfología de la cabeza, el disco labial y los labios medios de *M. incognita* tienen forma de “mancuerna” los labios medios son más anchos que el disco labial, están presentes dos protuberancias. Los labios laterales son grandes y están separados de los labios medios redondeados; generalmente se fusionan con la región cefálica, en un tramo lateral corto. La región cefálica está frecuentemente surcada por un anillo discontinuo.

En los machos la morfología de la cabeza, es característica, por lo que no se confunde fácilmente con ninguna otra especie. El disco labial es grande y redondeado, cóncavo centralmente y más alto que los labios medios, los cuales son tan anchos como la región cefálica que generalmente presenta 2 ó 3 anillos incompletos. En el caso de los estiletes la

punta es ancha que la porción media del cono. Una proyección en el lado ventral del cono, marca la abertura del lumen del estilete, la cual queda localizada a una distancia equivalente a un cuarto de la longitud del cono, a partir de la punta del estilete. La columna es generalmente cilíndrica y con frecuencia es más angosta cerca de los nódulos basales; éstos están separados de la columna, presentan proyecciones hacia la parte anterior y pueden ser de anchos y planos a redondeados.

Los juveniles de segundo estadio. Morfología de la cabeza. El disco labial y los labios medios presentan forma de “mancuerna”, en vista frontal. El disco labial es pequeño y redondo, ligeramente más elevado que los labios medios. Los labios laterales forman un mismo perfil con la región cefálica, la que usualmente presenta de dos a cuatro anillos incompletos (Einsenback *et al.*, 1983).

1.2.4. Alternativas para el control de *Meloidogyne incognita*

A lo largo de las últimas décadas, en el manejo y control de los nematodos han usado nematicidas y fumigantes de suelo, como el bromuro de metilo. Si bien, estos productos aplicados al final no resultan efectivos, en altas poblaciones de nematodos, al paso del tiempo estos agroquímicos pueden ocasionar selección de poblaciones resistentes, daños a la salud humana y al ambiente, esto ocasiona la reducción de la biodiversidad del ecosistema, y por el alto costo que suelen tener, son con frecuencia inaccesibles para pequeños agricultores (Akthar y Malik 2000; Pakeerathan *et al.*, 2009).

Actualmente, en el área de agricultura se encuentra con una presión para limitar el uso de dichos productos, ya que cada día los consumidores demandan alimentos libres de agroquímicos, lo que ocasiona que se generen políticas internacionales para minimizar las fuentes de contaminación ambiental (Kerry, 1990; Akthar y Malik, 2000).

En el incremento de estrategias de control que son amigables en el ambiente, se encuentran: la rotación de cultivos, el barbecho, el uso de cultivares resistentes a enfermedades, el control biológico y las aplicaciones de las enmiendas orgánicas.

Estas actividades son alternativas consideradas como buenas prácticas agrícolas (Barker y Koenning, 1998; Abawi y Widmer, 2000; Oka y Yermiyahu, 2002).

Se ha comprobado que organismos biocontroladores, tienen efectividad en reducir las poblaciones de nematodos como *M. incognita*, dentro de estos organismos se encuentra *Trichoderma* spp., diversos aislamientos de *T. harzianum* y *T. viride*, han sido usados en diferentes cultivos para el manejo y control de patógenos que se transmiten a través del

suelo, semillas, así como de manera foliar. El aceleramiento del crecimiento, esporulación y los diversos sustratos en los cuales puede crecer, son una ventaja eficiente como agente biológico (Martínez *et al.*, 2007).

1.2.5. *Trichoderma* spp.

El género *Trichoderma* pertenece a la familia Hypocreaceae y actualmente, la Subcomisión Internacional sobre *Trichoderma/Hypocrea* enumera 518 especies (<https://www.indexfungorum.org/names/Names.asp?pg=1>).

Las especies de *Trichoderma* se caracterizan por producir una variedad de pigmentos en color amarillo verdoso brillante a rojizo, algunos pueden ser incoloros. En su estructura morfológica presentan conidióforos ramificados que tienen fiálides solitarias o en grupos (Alexopoulos y Mims, 1985), en los cuales se forman los conidios, que se requieren para la identificación taxonómica a nivel de especies (Rifai, 1969). La pigmentación de los conidios puede llegar a ser de tonos entre gris y marrón (Schuster y Schmoll, 2010).

1.2.6. *Trichoderma* en el control de *Meloidogyne incognita*

Trichoderma spp., contiene una extensa distribución lo que hace que tenga una alta capacidad en cuanto a biocontrol, y permite disminuir la población de nematodos con su aplicación con respecto a su origen nativo, porque cuentan con adaptación al clima (Zapata *et al.*, 2012). Se ha reportado que *T. asperellum*, *T. atroviride*, *T. harzianum*, y *T. viride*, tienen un mecanismo antagónico ya que parasitan los huevos de nematodos (Hernández *et al.*, 2015; Mendoza *et al.*, 2013). El mecanismo que ejerce *Trichoderma*, en este caso es el parasitismo, se realiza a través de un establecimiento de reconocimiento quimiotrófico por parte del hongo hacia el nematodo, seguido de una adhesión y enrollamiento, lo que está relacionado con la actividad de enzimas líticas, como las quitinasas y proteasas extracelulares, lo que ocasiona una hidrolización de las paredes celulares del patógeno y hace posible una penetración de las hifas de *Trichoderma* en los huevos del nematodo, (Martínez *et al.*, 2013).

Los efectos que establece *Trichoderma* es de manera directa e indirecta, presenta una eficiencia en control de las poblaciones de los nematodos, así como una inhibición en el proceso de alimentación de juveniles y eclosión de huevos e incluso cuando se inoculan en las plantas pueden activar mecanismos de resistencia (Sahebani y Hadavi, 2008).

1.3. Hipótesis

En un sistema de producción orgánica de *Capsicum chinense*, la combinación de *T. asperellum* (Ta 13-17) y *T. erinaceum* (Te 10-15) mejoran el control de *Meloidogyne incognita* que con su inoculación individual.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el control de *M. incognita* con la aplicación de agentes microbianos en *Capsicum chinense*, bajo un sistema de producción orgánica.

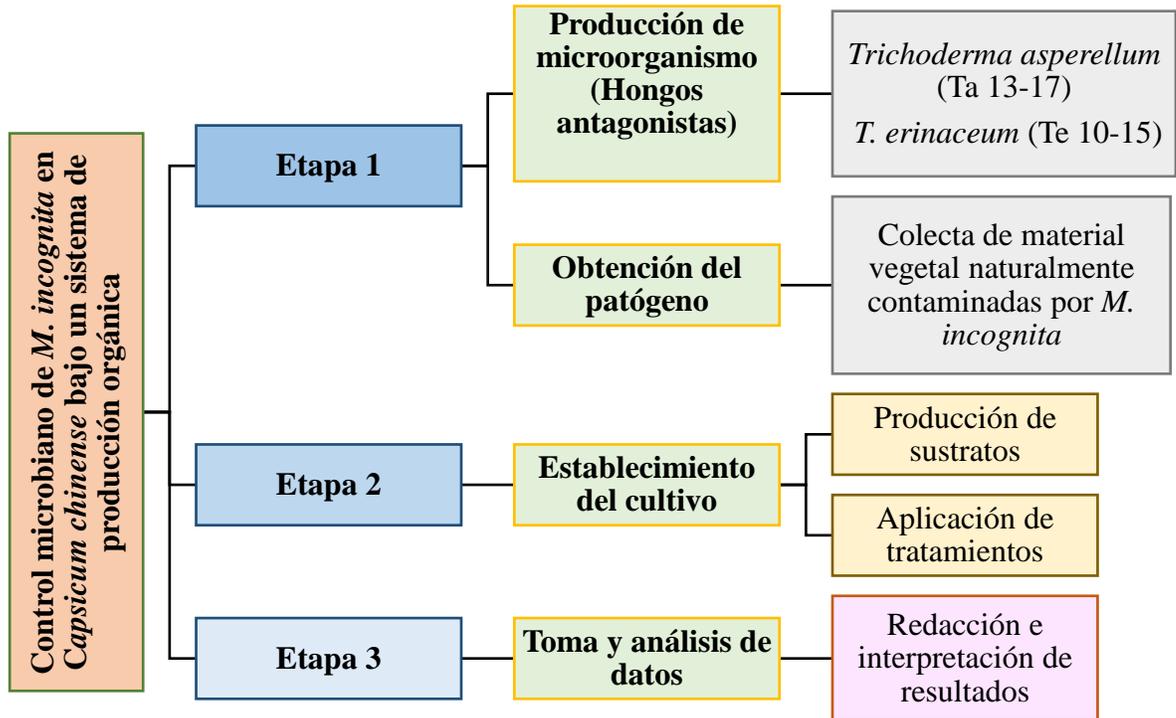
1.4.2. Objetivos específicos

Comparar la efectividad individual de *T. asperellum* (Ta 13-17) y *T. erinaceum* (Te 10-15) en el control de *M. incognita* en *C. chinense* bajo un sistema de producción orgánica.

Estimar la efectividad de la combinación de *T. asperellum* (Ta 13-17) y *T. erinaceum* (Te 10-15) en el control microbiano de *M. incognita* en *C. chinense* bajo un sistema de producción orgánica.

1.5. Procedimiento experimental

1.5.1. Diagrama estrategia experimental para el desarrollo de protocolo



1.6. Literatura citada

- Abawi G., Widmer T. 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology*. 15 (1):37–47. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00070-6)
- Akhtar M., Malik A. 2000. Roles of organic soil amendements soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology* 74(1):35- 47. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00154-6](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00154-6)
- Alexopoulos C., Mims C. 1985. Introducción a la micología. Editorial OMEGA. Barcelona. 38 -100.
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollos de Mercados Agropecuarios). 2018. El chile habanero de la Península de Yucatán. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollos de Mercados Agropecuarios. Ciudad de México, México. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/el-chile-habanero-de-la-peninsula-de-yucatan?idiom=es> (Recuperado: enero, 2023).
- Barker K., Koenning S. 1998. Developing Sustainable Systems for Nematode Management. *Annual Review Phytopathology*. 36:165–205. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.36.1.165>
- Borges L., Moo C., Ruíz J., Osalde M., González C., Yam C., Can F. 2014. Soils used for habanero chili production in Yucatán: predominant physical and chemical characteristics. *Agrociencia* 48(4): 347-359. https://www.researchgate.net/publication/286207807_Soils_used_for_habanero_chili_production_in_Yucatan_Predominant_physical_and_chemical_characteristics/citations
- Cid del prado I., Tovar A., Hernández J. 2001. Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19 (1):32-39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61219105>
- CONAPROCH (Confederación Nacional de Asociaciones Gremiales y Organizaciones de Pequeños Productores Campesinos de Chile). 2007. Plan rector nacional del sistema producto chile. www.conaproch.org/documentos/planrectorSPchile (Recuperado: enero, 2023).
- Druzhinina S., Seidl V., Herrera A., Horwitz A., Kenerley M., Monte E., Mukherjee PK., Zeilinger S., Grigoriev V., Kubicek P. 2011. Trichoderma: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology*. 9: 749-759. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2637>

Einsenback J., Hirschmann H., Sasser J., Triantaphyllou A. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies), con una clave pictórica. Departamento de Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Raleigh, North Carolina. 10-15.

Einsenback J., 1985. Diagnostic Characters Usefull in the identification of the four most common species of root- knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Editorial North Carolina State University Graphics. https://www.researchgate.net/profile/Jonathan-Eisenback/publication/233858375_Diagnostic_characters_useful_in_the_identification_of_the_four_most_common_species_of_root-knot_nematodes_Meloidogyne_spp/links/02bfe50f42f5c7510b000000/Diagnostic-characters-useful-in-the-identification-of-the-four-most-common-species-of-root-knot-nematodes-Meloidogyne-spp.pdf . 9(1): 95 – 112.

Escobar C., 2006. Determinación de especies y patotipos de *Meloidogyne*, en kiwi (*Actinidia deliciosa*) y Tomate (*Lycopersicum esculentum*), mediante el test de hospederos diferenciales. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 10-12. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/101835>

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2012. Cultivos y productos ganaderos. Disponible en URL: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. (Recuperado: enero, 2023).

Hernández D., Rodríguez M., Peteira B., Miranda I., Arias Y. , I., Martínez B. 2015. Efecto de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt y Nirenberg sobre el desarrollo del tomate y *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. Protección Vegetal. 30 (2): 139-147.

Hussey, R. 1985. Biochemistry as a tool in identification and its probably usefulness in understanding the nature of parasitism. An advanced treatise on *Meloidogyne*. 1: 127-133. <https://eurekamag.com/research/001/536/001536629.php>

Kerry B. 1990. An Assessment of Progress toward Microbial Control of Plant-parasitic Nematodes. Supplement to Journal of Nematology. 22(4):621-631. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2619115/pdf/621.pdf>

Martínez, B., D. Infante, y Y. Reyes. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Revista Protección Vegetal. 28: 1-11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-

27522013000100001&lng=es&nrm=iso

Martínez E., Barrios G., Rovesti L., Santos R. 2007. Manejo Integrado de Plagas. Tarragona España. Edición Grup Bou, p. 420. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S037794242011000200002&script=sci_arttext (Recuperado: mayo 2023).

Mendoza G., Wilson J., Colina J. 2013. Efecto de *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre huevos de *Meloidogyne* sp. en condiciones de laboratorio. Revista Científica de Estudiantes Facultad de Ciencias Biológicas. 1: 65-71. oai:oj.s.revistas.unitru.edu.pe:article/479

Ochoa A. 2005. Usos y propiedades del chile habanero. Seminario de chile habanero. Héctor Torres Pimentel y Carlos Franco Cáceres, compiladores. INIFAP y Fundación Produce de Yucatán, A.C. Yucatán, México. 1-5. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/60_3/PDF/04-486-El-chile-habanero.pdf (Recuperado: Abril, 2023)

Oka Y., Yermiyahu U. 2002. Suppressive effects of composts against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato. Nematology 4(8):891-898. <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2012/vol39/no4/9.pdf> (Recuperado: mayo 2023)

Pakeeratham K., Mikunthan G., Tharshani N. 2009. Effect of different animal manures on *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) on tomato. World Journal of Agricultural Sciences.5(4):432-435. https://www.researchgate.net/publication/224861113_Effect_of_Different_Animal_Manures_on_Meloidogyne_incognita_Kofoid_and_White_on_Tomato

Requena A. 2013. Control biológico de *Meloidogyne incognita* en Pimiento (*Capsicum annum*). Universidad politécnica de Cartagena. Departamento de Ciencias y Tecnología Agraria. 4-5 y 8. 10.31428/10317/4019

Rifai M. A. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. Mycological papers. Editorial Commonwealth Mycological. 116: 1-56.

Ruiz L. N., Medina F., Martínez M. El chile habanero. Su origen y usos. 2011. Revista Ciencia. 62:70-77 https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/62_3/PDF/Habanero.pdf

Sahebani N., Hadavi N. 2008. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne*

- javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil Biology and Biochemistry*. 40 (8): 2016- 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.03.011>
- Schuster A., Schmoll M. 2010. Biology and biotechnology of *Trichoderma*. *Applied microbiology and biotechnology*. 87(3):787–799. 10.1007/s00253-010-2632-1
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario estadístico de producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Recuperado: enero, 2023)
- Whitehead A. 1998. Endoparásitos sedentarios de raíces y tubérculos (*Meloidogyne* y *Nacobus*). Edición Control de nematodos en plantas. Internacional Universidad de Cambridge, Reino Unido. 209-273.
- Zapata R., Quiroga M., Murillo B., Agüero D., Lisi B., Mena P. 2012. *Trichoderma* spp. biocontrolador y promotor de crecimiento: una alternativa al uso de agroquímicos en cultivos intensivos. *AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 16(1): 47-55. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/129694>

CAPÍTULO II. CONTROL MICROBIANO DE *Meloidogyne incognita* EN CHILE HABANERO (*Capsicum chinense*) EN CONDICIONES PROTEGIDAS

Citlally Guadalupe Puc-Flores, Jairo Cristóbal-Alejo*¹, José M. Tun-Suárez¹, Eduardo Villanueva-Couoh¹

*División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México-Conkal, ¹Investigador, Tecnológico Nacional de México -Conkal

*Autor para correspondencia: jairo.ca@conkal.tecnm.mx

Resumen

El 80 % del chile habanero (*Capsicum chinense*) que se cultiva en la península de Yucatán, se comercializa como fruto fresco y el restante se destinan a la elaboración de salsas, pastas y deshidratados. Durante su cultivo es infectado por fitopatógenos con origen en el suelo. Entre éstos, se encuentran los nematodos formadores de agallas como *Meloidogyne incognita*, su severidad en las plantas cuando se establece, ha llevado a la aplicación recurrente de nematicidas sintéticos. Como alternativa, está el uso de microorganismos antagonistas, como *Trichoderma* spp., que por sus propiedades de biocontrol, sobresalen en el manejo de patógenos de la raíz. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el control de *M. incognita* con la aplicación de agentes microbianos en *C. chinense*, bajo un sistema de producción orgánica. Se trasplantaron plántulas de chile habanero cv. Izamal de 45 días de germinadas, en bolsas de vivero con capacidad de 5 kg, en un sustrato a base de suelo, bocashi y rocas volcánicas (6:3:1) y se realizaron tres inoculaciones de cepas nativas de *Trichoderma asperellum* (Ta 13 – 17), *Trichoderma erinaceum* (Te 10 – 15) y la combinación de éstas ; al momento del trasplante, ocho y 15 días posteriores a éste, además se incorporaron dos tratamientos testigo: con nematicidas de síntesis química Vydate® 24 en dosis de 2 mL L⁻¹ de agua, al momento del trasplante, y otro, solo plantas sin el control del nematodo (testigo). Se realizaron cuatro muestreos destructivos a los 56, 90, 122 y 137 días después del trasplante, en los cuales se estimó la severidad mediante el índice de agallamiento con una escala de seis clases, y como variables de reproducción del nematodo: número de huevos y hembras por g de raíz. El tratamiento de combinación mostró menor índice de agallamiento con un 4.13 %, y los menores promedios de reproducción del nematodo con 495.25 huevos y 11 hembras por g de raíz, respectivamente.

Palabras Clave: chile habanero, *Trichoderma*, efectividad

Estudiante: Citlally Guadalupe Puc Flores

Correo: citlallypuc@gmail.com

Director de tesis: Jairo Cristóbal Alejo

Correo: jairo.ca@conkal.tecnm.mx