

Respuesta de cucurbitáceas al parasitismo por *Meloidogyne incognita*

Response of cucurbits to parasitism by *Meloidogyne incognita*

Carolina Isabel Basto-Pool¹ , Elizabeth Herrera-Parra^{1*} , Carlos David Hernández-Pinto² 

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá. Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, CP. 97454. Mocochoá, Yucatán, México.

²Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería. Avenida Industrias No Contaminantes por Periférico Norte S/N. CP. 97302. Mérida, Yucatán. México.

*Autor de correspondencia: elian.herrera09@gmail.com

Nota científica

Recibida: 14 de mayo 2025

Aceptada: 11 de febrero 2026

RESUMEN. En el sureste de México, el nematodo endoparásito sedentario *Meloidogyne incognita* parasita cucurbitáceas induciendo diversos grados de virulencia. El objetivo fue evaluar el comportamiento de cucurbitáceas regionales al parasitismo de *M. incognita*. Plántulas de *Lagenaria siceraria*, *Cucurbita moschata*, *C. argyrosperma*, *C. pepo*, *Cucumis melo*, *C. sativus* y *Citrullus lanatus* variedad "Cal sweet" se trasplantaron a macetas y se inocularon con 5 000 huevos larvados de *M. incognita*. Transcurridos 53 días posteriores a la inoculación, se estimó el índice de agallamiento (IA), reproducción del nematodo y variables agronómicas. *L. siceraria* presentó menor IA (1-10%), con 10 y 267 hembras y huevos por gramo de raíz, respectivamente. El mayor diámetro del tallo (5.47 y 5.15 mm) se registró en *L. siceraria* y *C. moschata*, y mayor longitud de guía en *L. siceraria*, *C. melo* y *C. moschata* (102.50, 93.25 y 92.50 cm). *L. siceraria* presenta potencial como portainjerto tolerante a *M. incognita*.

Palabras clave: *Cucurbita*, endoparásito sedentario, nematodo, tolerancia.

ABSTRACT. In southeastern Mexico, the sedentary endoparasitic nematode *Meloidogyne incognita* parasitizes cucurbits, inducing varying degrees of virulence. The objective was to evaluate the response of regional cucurbits to *M. incognita* parasitism. Seedlings of *Lagenaria siceraria*, *Cucurbita moschata*, *C. argyrosperma*, *C. pepo*, *Cucumis melo*, *C. sativus*, and *Citrullus lanatus* variety "Cal sweet" were transplanted into pots and inoculated with 5 000 larval eggs of *M. incognita*. After 53 days inoculation, the galling index (GI), nematode reproduction, and agronomic variables were estimated. *L. siceraria* showed a lower GI (1-10%), with 10 and 267 females and eggs per gram of root, respectively. The largest stem diameter (5.47 and 5.15 mm) was recorded in *L. siceraria* and *C. moschata*, and the longest guide length in *L. siceraria*, *C. melo*, and *C. moschata* (102.50, 93.25, and 92.50 cm). *L. siceraria* shows potential as a rootstock tolerant to *M. incognita*.

Keywords: *Cucurbita*, nematodes, sedentary endoparasite, tolerance.

INTRODUCCIÓN

Los nematodos del género *Meloidogyne* son conocidos comúnmente como nematodos agalladores y son endoparásitos sedentarios. Las especies de mayor importancia en el mundo causantes de pérdidas en la producción de cucurbitáceas son *Meloidogyne arenaria*, *M. javanica* y *M. incognita* (Bui y Desaeger 2022, Basto-Pool *et al.* 2023, Garrido-Cruz *et al.* 2024). Estos fitopatógenos parasitan las raíces, inducen la formación de células gigantes (hipertrofia) y la multiplicación celular (hiperplasia) que dan origen a las agallas, lo cual afecta el sistema vascular de la planta e interfiere con los procesos fisiológicos involucrados en la absorción de agua y nutrientes, como consecuencia, las plantas presentan crecimiento deficiente, marchitez, clorosis y senescencia prematura, afectando el rendimiento y la calidad del fruto (Ayala-Doñas *et al.* 2020, Fullana *et al.* 2024). Además, ocasionan daños indirectos al exponer a las plantas a la infección de hongos, bacterias y virus (Könül y Devran 2022). Como método de control se aplican productos químicos organofosforados y carbamatos altamente tóxicos que provocan la reducción de la densidad de población del nematodo y minimizan las pérdidas de producción a corto plazo, sin embargo, la aplicación y el uso indebido de nematicidas ocasionan problemas como la contaminación del ambiente, poblaciones resistentes y daños a la salud de productores y consumidores (Ayala-Doñas *et al.* 2020, Könül y Devran 2022).

En los últimos años la agricultura se ha enfocado en métodos de producción sustentables de menor impacto ambiental, entre los que destaca el aprovechamiento de plantas con potencial de tolerar las poblaciones de nematodos que minimizan sus efectos sin comprometer el crecimiento y desarrollo del cultivo (Mounica *et al.* 2024). La tolerancia de las plantas se aprovecha como un método sustentable y eficaz de control de enfermedades del suelo asociadas al parasitismo de nematodos en el tejido radical (Könül y Devran 2022). Las plantas activan mecanismos de defensa, algunas de estas respuestas son el endurecimiento de las paredes celulares, proteínas relacionadas con la patogénesis, la producción de metabolitos secundarios y moléculas antimicrobianas que afectan el desarrollo del nematodo después de la infección lo que ocasiona el retraso o la interrupción del ciclo de vida (Ayala-Doñas *et al.* 2020, Aragón-Gómez *et al.* 2024).

Las cucurbitáceas presentan gran diversidad genética debido a características morfológicas y reproductivas, así como a adaptaciones a las condiciones climáticas existentes y a la presencia de patógenos en el suelo (Ayala-Doñas *et al.* 2020, Montañez-De Azcué y Cristóbal-Alejo, 2024, Maldonado-Peralta *et al.* 2025), por lo cual se han explorado alternativas en el manejo de especies de *Meloidogyne* empleando plantas de cucurbitáceas. La mayoría de las investigaciones se han realizado en *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y su híbrido interespecífico (*C. maxima* x *C. moschata*) debido a que se usa ampliamente como portainjerto para sandía, pepino y melón (Verdejo-Lucas y Talavera 2019, Maldonado-Peralta *et al.* 2025). También se han evaluado los niveles de tolerancia y resistencia contra las principales especies de nematodos agalladores (Aydınlı *et al.* 2019, Basto-Pool *et al.* 2023, Fullana *et al.* 2024), identificándose genotipos con tolerancia a estos. En México, particularmente en el sureste del país estos estudios son incipientes y se requieren materiales de cucurbitáceas para su uso como portainjertos tolerantes a *M. incognita*, que permitan la producción y ayuden a la reducción del uso de nematicidas. Por lo cual el objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento de siete cucurbitáceas al parasitismo de *M.*

incognita con el fin de disponer de materiales regionales tolerantes a este nematodo y con uso potencial como portainjertos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

El trabajo se realizó de agosto a noviembre de 2023, en Mocochoá, Yucatán, México, en las coordenadas 21° 06' 24" N y 89° 27' 08" W. El clima de la región es cálido subhúmedo, con un rango de temperatura entre 26 y 36 °C y precipitación promedio de 55.7 mm año⁻¹ (SMN 2025).

Material vegetal

Se seleccionaron siete especies de cucurbitáceas que se cultivan con frecuencia por los productores de la región de la Península de Yucatán: *Lagenaria siceraria* Mol. Standl, *Cucurbita moschata* Duch, *Cucurbita argyrosperma* L., *Cucurbita pepo* L., *Cucumis melo* L., y *Cucumis sativus* L. Las semillas se obtuvieron de colectas con productores de la región. Como control regional susceptible al nematodo, *M. incognita* (Basto-Pool *et al.* 2023), se utilizó a *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum y Nakai variedad comercial "Cal sweet".

Obtención del inóculo de *M. incognita*

Los huevos del nematodo se obtuvieron de una población pura de *M. incognita* mantenida en cultivos de *C. melo*. Las raíces con agallas se limpiaron con agua, se abrieron con agujas bajo un microscopio estereoscópico y se separaron las masas de huevos, que se desinfectaron con cloro comercial al 1% (Herrera-Parra *et al.* 2021). También se extrajeron hembras adultas a las que se les realizó cortes perineales y se observó el patrón cuticular con arco dorsal alto y cuadrado formado por estrías lisas y campos laterales ausente, con algunas estrías que se bifurcan cerca de las líneas laterales poco visibles y con frecuencia con estrías que se orientan hacia la región vulvar, características que coincidieron con *M. incognita* (Eisenback *et al.* 1983, Hartman y Sasser 1985).

Producción de plántulas

Las semillas de cada especie se germinaron en contenedores con sustrato Sunshine®. A los 25 días posteriores a la germinación, cuando las plántulas presentaron dos hojas completamente desarrolladas, se trasplantaron a macetas de 3 kg de capacidad con suelo tipo cambisol de textura franco-arcillosa, previamente desinfectado por el método de arrastre con vapor (Basto-Pool *et al.* 2023).

Establecimiento del experimento

Una semana después del trasplante, las plántulas se inocularon con 5,000 huevos larvados de *M. incognita* contenidos en 5 mL de agua destilada estéril, los cuales se inyectaron en cuatro orificios de 5 cm de profundidad alrededor de cada plántula (Basto-Pool *et al.* 2023). Las macetas con las plántulas se dispusieron a una distancia de 1.5 m entre macetas y 2.5 m entre filas. Los tratamientos correspondieron a las siete especies de cucurbitáceas: *L. siceraria*, *C. moschata*, *C. argyrosperma*, *C. pepo*, *C. melo*, *C. sativus* y *C. lanatus* "Cal sweet" como control susceptible al nematodo. Cada

tratamiento constó de 25 plantas, que conformaron las repeticiones y las unidades experimentales, dispuestas en un diseño experimental completamente al azar bajo condiciones de campo abierto. Durante la fase experimental, las plantas fueron irrigadas diariamente y se fertilizaron tres veces por semana de acuerdo con las recomendaciones de Salehi *et al.* (2019) para la producción de cucurbitáceas.

Variables estimadas

A los 53 días después de la inoculación (ddi) del nematodo se estimó el diámetro del tallo (mm), la longitud de guías (cm) y el número de guías secundarias. Para estimar el volumen de raíz (cm³) se seleccionó cuatro plantas al azar de cada especie y cada una se introdujo en una probeta graduada con capacidad de 500 mL registrando el excedente de agua en cm³ (Böhm 1979). Para determinar la biomasa seca (g) se dividió la raíz y el área foliar (tallo y hojas) de cada planta, las muestras se colocaron en bolsas de papel estraza y se depositaron en un horno de secado a 65 °C durante 72 h.

Para estimar las variables de tolerancia de las cucurbitáceas al parasitismo del nematodo, se seleccionaron cuatro plantas al azar. La raíz de cada planta se lavó con agua corriente para eliminar las partículas del suelo. Posteriormente, se determinó el índice de agallamiento, como indicador de la severidad de la enfermedad, con una escala de seis clases propuesta por Taylor y Sasser (1978), donde 0 = 0, 1 = 1-10%, 2 = 11-25%, 3 = 26-50%, 4 = 51-75% y 5 = 76-100% de las raíces agalladas. Para evaluar el índice de reproducción del nematodo se consideró el número de huevos por gramo de raíz licuada y hembras por gramo de raíz teñida (Ayoub 1977).

Análisis estadístico

Los valores estimados en porcentaje se transformaron con la raíz cuadrada de arco seno ($y = \arcsin(\sqrt{x/100})$), posteriormente los datos se sometieron a un análisis de varianza y cuando se obtuvieron diferencias estadísticas se realizaron comparación de medias mediante la prueba Scott y Knott ($P \leq 0.05$). El paquete estadístico usado fue Statistica 7 (Statsoft, Tulsa, Ok, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta de materiales de cucurbitáceas al parasitismo de *M. incognita*

En *C. lanatus*, *C. pepo* y *C. argyrosperma* se registró la mayor severidad de la enfermedad, con raíces que presentaron un índice de agallamiento con un intervalo porcentual del 76 al 100%, seguido de *C. moschata*, *C. melo* y *C. sativus* (26-50%), mientras que *L. siceraria* presentó el menor porcentaje de agallamiento (1-10%), en comparación con *C. lanatus* variedad Cal sweet, utilizada como control susceptible al nematodo (Tabla 1). En los índices de reproducción del nematodo *C. pepo* registró significativamente el mayor número de hembras, siendo superior hasta en un 96% a *L. siceraria*, *C. melo*, *C. moschata* y *C. sativus* que registraron el menor número de hembras. El mayor número de huevos por gramo de raíz se obtuvo con *C. pepo* y *C. lanatus* variedad Cal sweet significativamente superiores a *L. siceraria* y *C. melo* en 88 y 92.3%, con el menor número de huevos (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de tolerancia de cucurbitáceas regionales a *M. incognita*.

Especie	Escala de severidad	Agallamiento (%)	NHE	NHU
<i>L. siceraria</i>	1 ^c	1 – 10	10 ^d	267 ^d
<i>C. moschata</i>	3 ^b	26 – 50	28 ^d	1144 ^c
<i>C. argyrosperma</i>	5 ^a	76 – 100	80 ^c	2078 ^b
<i>C. pepo</i>	5 ^a	76 – 100	238 ^a	3499 ^a
<i>C. melo</i>	3 ^b	26 – 50	24 ^d	423 ^d
<i>C. sativus</i>	3 ^b	26 – 50	28 ^d	990 ^c
<i>C. lanatus</i>	5 ^a	76 -100	200 ^b	3249 ^a
CV (%)	9.00	-	18.70	22.76
P-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

C. lanatus (Cal sweet) = Control. NHE = Número de hembras por g de raíz; NHU = Número de huevos por g de raíz. CV = Coeficiente de Variación. Medias, literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Scott y Knott $P \leq 0.05$) (n = 4).

Las respuestas de cucurbitáceas cuando son parasitadas por *M. incognita* son diversas, por ejemplo; se reportó que *C. pepo* es altamente susceptible al nematodo y este causó daños en la raíz clasificados en la clase 5 de severidad de la enfermedad, registrando los mayores índices de reproducción de hembras y huevos (López-Gómez *et al.* 2016). En *C. sativus* causó daños en la raíz con un índice de agallamiento de 4 (> 30) asociado con la mayor severidad de la enfermedad (Chahar *et al.*, 2021). Por el contrario, *C. moschata* presentó mayor tolerancia, a *M. incognita* y a *M. javanica*, (clase 1 de severidad de la enfermedad) y menor número de hembras por gramo de raíz en relación a las variedades comerciales de melón, pepino y sandía (Edelstein *et al.* 2010, Amin *et al.* 2013, Selvi *et al.* 2013). *L. siceraria* y *C. moschata* como portainjertos en sandía Cal sweet registraron la menor intensidad de la enfermedad y promovieron el mayor crecimiento y rendimiento en suelos infestados con *M. incognita* (Basto-Pool *et al.* 2023).

La capacidad de reproducción de los nematodos se utiliza como el indicador principal de la tolerancia, por lo tanto un genotipo tolerante permite poca o nula reproducción de nematodos (<10%), mientras que una planta moderadamente tolerante presenta niveles intermedios de reproducción (<50%) (Mounica *et al.* 2024, Salazar-Mesta *et al.* 2024). También, la tolerancia se puede evaluar en función de la formación de agallas en las raíces debido a que en estas las hembras se alimentan y establecen su sitios de alimentación (Hanume Gowda *et al.* 2025, Salazar-Mesta *et al.* 2024). Lo anterior concuerda con los resultados de este estudio, lo cual indica que *L. siceraria* es tolerante a *M. incognita*, mientras que *C. moschata* y *C. melo* presentan tolerancia moderada, debido que el nematodo merma su capacidad de reproducción, registrándose menor número de hembras, huevos y daños en la raíz de estas cucurbitáceas.

La tolerancia de *L. siceraria*, *C. moschata* y *C. melo* se atribuye a las características genéticas heredadas por sus progenitores, que estos adquieren cuando son expuestos a presión de selección por factores abióticos y bióticos como el parasitismo de nematodos, y la tolerancia adquirida se hereda a la descendencia (Du *et al.* 2024, García-Jaramillo *et al.* 2022). Otros mecanismos implicados en la adquisición de tolerancia por cucurbitáceas son los físicos, fisiológicos y químicos como el endurecimiento de las paredes celulares de la raíz, la producción de proteínas relacionadas con la

patogénesis y la producción de moléculas antimicrobianas que se activan e impiden el contacto o penetración del nematodo (Ayala-Doñas *et al.* 2020).

Efecto del parasitismo de *M. incognita* en el crecimiento de cucurbitáceas

En las variables de crecimiento a los 53 ddi, las plantas de *L. siceraria* y *C. moschata* presentaron incrementos de hasta un 40% en el diámetro de tallo en relación a las plantas de *C. melo* y *C. sativus* los cuales registraron el menor grosor del tallo. En la longitud de guías las plantas de *L. siceraria*, *C. melo* y *C. moschata* presentaron un crecimiento superior de hasta 26.4% con respecto a las plantas de *C. argyrosperma*, *C. pepo*, *C. sativus* y *C. lanatus* variedad Cal sweet que tuvieron el menor promedio. El mayor número de guías secundarias se obtuvo en *L. siceraria*, *C. sativus* y *C. melo* con hasta 4.0 guías en promedio y fueron estadísticamente superiores a las demás especies (Tabla 2). Asimismo, en cucurbitáceas se requiere una longitud superior a 70 cm y un número de guías mayor a dos para obtener mejor crecimiento y rendimiento (Escalante-González *et al.* 2018) como lo obtenido con *L. siceraria* y *C. moschata*, que aun con la carga parasitaria que implicó la inoculación del nematodo, lograron el mayor crecimiento lo que se reflejó en mayor biomasa. Sin embargo, el crecimiento del resto de las especies fue variable, lo que señaló la susceptibilidad al nematodo. En este sentido el parasitismo del nematodo produce diversos síntomas que modifican el desarrollo de las plantas ocasionando disminución en el diámetro del tallo y en la altura de planta, lo que conduce la pérdida de vigor foliar de las plantas (Chahar *et al.* 2021, Mounica *et al.* 2024).

Tabla 2. Variables de crecimiento de cucurbitáceas cultivadas en suelo infestado con *M. incognita*.

Especie	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de guía (cm)	Número de guías secundarias
<i>L. siceraria</i>	5.47 ± 0.29 ^a	102.50 ± 6.60 ^a	4.00 ± 0.57 ^a
<i>C. moschata</i>	5.16 ± 0.10 ^a	92.50 ± 4.45 ^a	2.50 ± 0.42 ^b
<i>C. argyrosperma</i>	4.20 ± 0.17 ^b	75.38 ± 2.60 ^b	2.00 ± 0.00 ^b
<i>C. pepo</i>	4.26 ± 0.18 ^b	81.50 ± 2.25 ^b	2.38 ± 0.18 ^b
<i>C. melo</i>	3.68 ± 0.12 ^c	93.25 ± 5.38 ^a	3.50 ± 0.46 ^a
<i>C. sativus</i>	3.34 ± 0.13 ^c	82.25 ± 8.78 ^b	3.88 ± 0.61 ^a
<i>C. lanatus</i>	3.98 ± 0.27 ^b	82.38 ± 7.99 ^b	2.63 ± 0.32 ^b
CV (%)	12.31	17.21	21.56
P-valor	0.0001	0.0363	0.0048

C. lanatus (Cal sweet) = Control. CV = Coeficiente de Variación. Medias ± error estándar; literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Scott y Knott $P \leq 0.05$) (n = 10).

Las plantas de *L. siceraria*, *C. moschata*, *C. melo* y *C. lanatus* variedad Cal sweet registraron el mayor volumen de raíz y fueron superiores hasta un 80% a las plantas de *C. argyrosperma* que registraron el menor valor (7.75 cm³) (Tabla 3). Para un adecuado crecimiento en condiciones limitantes se requiere un sistema radical robusto, por el contrario, una raíz menos vigorosa limita la absorción, flujo de agua y nutrientes lo que propicia menor crecimiento en las plantas (Bertucci *et al.* 2018). También *L. siceraria*, *C. melo* y *C. moschata* registraron la mayor biomasa seca foliar con ganancias de hasta 46% en relación a *C. argyrosperma* que obtuvo el menor peso seco foliar. En la biomasa seca de raíz *L. siceraria*, *C. moschata*, *C. melo* y *C. lanatus* variedad Cal sweet fueron estadísticamente

significativos respecto a los demás tratamientos al obtener un incremento de 73% con relación a las plantas de *C. argyrosperma* que obtuvieron el menor peso seco de raíz (Tabla 3). Las plantas de *L. siceraria*, *C. moschata* y *C. melo* obtuvieron el mayor crecimiento y desarrollo atribuido al volumen del sistema radical que facilitó la absorción de agua y nutrientes aún en presencia del nematodo. Mientras que el menor crecimiento de las plantas de *C. argyrosperma* se asoció al poco desarrollo del sistema radical debido al parasitismo del nematodo que ocasionó alteraciones en el sistema radical y modificó la estructura de la raíz e indujo clorosis y senescencia en hojas, flores y frutos (Verdejo-Lucas y Talavera, 2019; Herrera-Parra *et al.* 2021). Los resultados de este estudio demostraron la existencia de materiales regionales de cucurbitáceas, los cuales pueden ser utilizados como portainjertos tolerantes al parasitismo de *M. incognita*.

Tabla 3. Efecto de *M. incognita* en el volumen de raíz y la biomasa seca de cucurbitáceas.

Especie	Volumen de raíz (cm ³)	Biomasa seca (g)	
		Foliar	radical
<i>L. siceraria</i>	40.75 ± 4.15 ^a	26.75 ± 0.75 ^a	3.73 ± 0.25 ^a
<i>C. moschata</i>	36.25 ± 3.15 ^a	25.50 ± 0.50 ^a	3.55 ± 0.77 ^a
<i>C. argyrosperma</i>	7.75 ± 0.63 ^c	14.50 ± 0.87 ^d	0.98 ± 0.06 ^b
<i>C. pepo</i>	13.25 ± 1.70 ^c	18.00 ± 1.47 ^c	1.65 ± 0.20 ^b
<i>C. melo</i>	35.00 ± 5.40 ^a	26.00 ± 1.22 ^a	2.88 ± 0.66 ^a
<i>C. sativus</i>	22.25 ± 0.63 ^b	23.00 ± 0.58 ^b	2.18 ± 0.43 ^b
<i>C. lanatus</i>	28.25 ± 1.18 ^a	24.25 ± 0.85 ^b	2.60 ± 0.17 ^a
CV (%)	19.75	5.74	20.15
P-valor	0.0001	0.0001	0.0022

C. lanatus (Cal sweet) = Control. CV = Coeficiente de Variación. Medias ± error estándar; literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Scott y Knott $P \leq 0.05$) ($n = 4$).

L. siceraria presentó la menor severidad de la enfermedad y reproducción del nematodo, lo que favoreció su mayor crecimiento y desarrollo. Esta especie de cucurbitácea presenta potencial como portainjerto tolerante al parasitismo de *M. incognita*.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

Amin AW, Wanis AE, Rahman A (2013) Evaluation of some cucurbitaceous rootstocks for resistance or susceptibility to root-knot nematode and fusarium wilt under greenhouse conditions. Pakistan Journal of Nematology 31: 45-54.

- Aragón-Gómez WI, García-Velázquez BA, Delgado-Guizar CS (2024) Sistema inmune innato vegetal. IBCIENCIAS 7: 25-30.
- Ayala-Doñas A, Cara-García MD, Talavera-Rubia M, Verdejo-Lucas S (2020) Management of soil-borne fungi and root-knot nematodes in cucurbits through breeding for resistance and grafting. *Agronomy* 10: 1641. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111641>
- Aydinli G, Kurtar ES, Mennan S (2019) Screening of *Cucurbita maxima* and *Cucurbita moschata* genotypes for resistance against *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica*, and *M. luci*. *Journal of Nematology* 51: 1-10. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2019-057>
- Ayoub MS (1977) Plant nematology an agricultural training Aid. Department of food and agriculture. Division of Plant Industry, Laboratory Services-Nematology 9: 157. <https://doi.org/cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19780844634>
- Basto-Pool CI, Reyes-Oregel V, Herrera-Parra E, Tun-Suarez JM, Cristóbal-Alejo J (2023) Crecimiento y rendimiento de sandía injertada en suelo infestado con *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae). *Biotechnia* 25: 159-164. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v25i2.1834>
- Bertucci MB, Suchoff DH, Jennings KM, Monks DW, Gunter CC, Schultheis JR, Louws FJ (2018) Comparison of root system morphology of cucurbit rootstocks for use in watermelon Grafting. *HortTechnology* 28: 629-636. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04098-18>
- Böhm W (1979) Root parameters and their measurement. *Methods of studying root systems*. Springer, Berlin, Heidelberg. 138p. https://doi.org/10.1007/978-3-642-67282-8_12
- Bui HX, Desaegeer JA (2022) Susceptibility and host potential of six cucurbit crops to *Meloidogyne enterolobii*, *M. floridensis*, *M. hapla*, *M. incognita* and *M. javanica*. *Nematology* 24: 1121-1130. <https://doi.org/10.1163/15685411-bja10195>
- Chahar S, Singh N, Yadav P (2021) Effect of root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on the growth of cucumber plant. *International Journal of Entomology Research* 6: 1-4.
- Du B, Haensch R, Alfarraj S, Rennenberg H (2024) Strategies of plants to overcome abiotic and biotic stresses. *Biological Reviews* 99: 1524-1536. <https://doi.org/10.1111/brv.13079>
- Edelstein M, Oka Y, Burger Y, Eizenberg H, Cohen R (2010) Variation in the response of cucurbits to *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Israel Journal of Plant Sciences* 58: 77-84. <https://doi.org/10.1560/IJPS.58.1.77>
- Eisenback JD, Hirschmann H, Sasser JN, Triantaphyllou AC (1983) Guía para la identificación de cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies), con una clave pictórica. Raleigh, North Carolina. 48p.
- Escalante-González JL, Arévalo-Madrigal M, Merida-Reyes JL, Delgadillo-Hernández EU, Yañez-Coutiño JB, Osorio-Hernández E (2018) Respuesta del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) al método y patrón de injertos adaptados a condiciones edáficas ácidas. *Agro Productividad* 11: 65-69. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i12.1308>
- Fullana AM, Maleita C, Santos D, Abrantes I, Sorribas FJ, Giné A (2024) Reactions of *Citrullus amarus* and *Cucumis metuliferus* to *Meloidogyne chitwoodi*, *Meloidogyne enterolobii* and *Meloidogyne luci*. *Phytopathologia Mediterranea* 63: 79-90. <https://doi.org/10.36253/phyto-15108>
- García-Jaramillo DJ, López-Zapata SP, Bustamante-Granada S, López WR, Castaño-Zapata J, Ceballos-Aguirre N (2022) Reacción y rendimiento de microinjertos de tomate (*Solanum* spp.) inoculados con *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hansen causante del marchitamiento vascular. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 46: 714-729. <https://doi.org/10.18257/raccefyfyn.1688>
- Garrido-Cruz F, Dávila-Medina MD, Hernández-Juárez A (2024) Nematodos asociados al cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) y efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento sobre *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae). *Biotechnia* 26: 154-160. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v26.2143>

- Hanume Gowda K, Madhavi Reddy K, Maheshwari U, Prabu P, Hegde V, Arutselvan R (2025) Screening, identification of root-knot nematode resistance sources using multivariate analysis and validation of molecular markers linked to Me genes in chilli (*Capsicum annuum* L.). Genetic Resources and Crop Evolution 72: 2795-2809. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02124-x>
- Hartman KM, Sasser JN (1985) Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. An advanced treatise on Meloidogyne 2: 69-77
- Herrera-Parra E, Ramos-Zapata J, Basto-Pool C, Cristóbal-Alejo, J (2021) Respuesta de chile dulce (*Capsicum annuum*) a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares nativos y al parasitismo del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*. Revista Bio Ciencias 8: 1-7. <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e982>
- Könül G, Devran Z (2022) The response of commercial cucurbit rootstocks to (a)virulent isolates of *Meloidogyne incognita*. Journal of Plant Diseases and Protection 129: 1497-1502. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00649-w>
- López-Gómez M, Talavera M, Verdejo-Lucas S (2016) Differential reproduction of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* in watermelon cultivars and cucurbit rootstocks. Plant Pathology 65: 145-153. <https://doi.org/10.1111/ppa.12394>
- Maldonado-Peralta MDLÁ, Rojas-García AR, Wilson-García CY, López-Zerón NE, Palemón-Alberto F, Ortega-Acosta SÁ (2025) Biometría en frutos y semillas de dos especies de cucurbitáceas silvestres del trópico mexicano. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 16: e3553. <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i2.3553>
- Montañez-De Azcué D, Cristóbal-Alejo J (2024) Hongos endófitos en cucurbitáceas criollas de Yucatán, México. Scientia Fungorum 55: 1-6.
- Mounica N, Reddy PSS, Sadarunissa S, Jayaprada M, Sarada G, Sireesha Y (2024) Evaluation of wild and cultivated cucurbitaceous rootstocks for resistance to root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). Biological Forum – An International Journal 16: 133-139.
- Salazar-Mesta RJ, Carrillo-Fasio JA, Retes-Manjarrez JE, García-Estrada RS, León-Félix J, Tovar-Pedraza JM (2024) Characterization of resistance responses to *Meloidogyne enterolobii* in *Capsicum annuum* landraces from Mexico. Chilean Journal of Agricultural Research 84: 301-310. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392024000300301>
- Salehi B, Sharifi-Ra J, Capanoglu E, Adrar N, Catalkaya G, Shaheen S, Jaffer M, Giri L, Suyal R, Jugran A, Calina D, Docea AO, Kamiloglu S, Kregiel D, Antolak H, Pawlikowska E, Sen S, Acharya K, Bashiry M, Cho WC (2019) Cucurbita plants: From farm to industry. Applied sciences 9: 3387. <https://doi.org/10.3390/app9163387>
- Selvi NAT, Pugalendhi L, Sivakumar M (2013) Screening of cucurbitaceous rootstocks against root knot nematode *Meloidogyne incognita* Kofoid and White. Asian Journal of Horticulture 8: 720-725.
- SMN (2025) Servicio Meteorológico Nacional. <https://smn.conagua.gob.mx/>. Fecha de consulta: 24 marzo de 2025.
- Taylor A, Sasser J (1978) Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh, North Carolina. USA. 107p.
- Verdejo-Lucas S, Talavera M (2019) Pathogenic potential, parasitic success and host efficiency of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on cucurbitaceous plant genotypes. European Journal of Plant Pathology 153: 1287-1297. <https://doi.org/10.1007/s10658-018-01642-6>