

CONTROL DE NEMÁTODOS AGALLADORES MEDIANTE EXTRACTOS DE BRÓCOLI EN PLANTAS DE JITOMATE

CONTROL OF ROOT-NOT NEMATODES USING BROCCOLI EXTRACTS IN TOMATO PLANTS

Bárcenas-Huazano, M.A.¹; Reyes-Tena, A.¹; Jaramillo-López, P.F.²; Gómez-Dorantes, N.¹; Méndez-Inocencio, C.³; López-Pérez, L.^{1*}

¹*Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Carretera Morelia Zinapécuaro Kilómetro 9.5, 58880 Tarímbaro, Mich.*

²*Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Sin Nombre, 58341 Morelia, Mich.*

³*Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. E-mail: luis.lopez.perez@umich.mx**

Fecha de envío: 19, mayo, 2025

Fecha de publicación: 20, julio, 2025

Resumen:

En el año 2024, México obtuvo una producción de tres millones doscientas mil toneladas de jitomate. Los nemátodos agalladores son una de las principales limitaciones en la producción de jitomate, las pérdidas en rendimiento debido a este van desde el 20 al 50%. Los nemátodos causan nodulaciones que impiden el paso de agua y nutrientes, poseen un estilete para abrirse paso por la raíz y segregar enzimas dentro de las células. La aplicación de nematicidas químicos es una opción rápida para su control; sin embargo, ocasiona problemas ambientales. Los extractos de las brassicáceas contienen glucosinolatos (GLS), que poseen propiedades nematicidas siendo una alternativa a los pesticidas químicos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de extractos de inflorescencias de brócoli, en el desarrollo de plantas de jitomate y evaluar el daño ocasionado por nemátodos agalladores. La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Agroecología del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM) en Morelia, Michoacán, durante el periodo septiembre a diciembre del año 2024. Se realizaron dos experimentos: en el primero se evaluó el efecto de las concentraciones al 96% 48% 24% y 0% (control) en el crecimiento del jitomate y en el segundo experimento se evaluó el efecto del extracto sobre los nemátodos agalladores. Del efecto de los extractos sobre el crecimiento se encontró una mayor biomasa radicular con la concentración al 96% respecto a los tratamientos 48%, 24% y control; sin embargo, a los 27 días después del trasplante las plantas con una concentración al 96% presentaron una menor altura. Respecto al daño ocasionado por los nemátodos se encontró que la concentración al 96%, causó un menor agallamiento respecto a los tratamientos 48%, 24 y control, así como un menor número de huevecillos respecto a los tratamientos fluazaindolizine y control.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, *Meloidogyne* sp., *Nacobbus* sp., control orgánico, *Brassica oleracea* var. *Italica*.

Abstract:

In the year 2024, Mexico produced three million two hundred thousand tons of tomato. Root-knot nematodes are one of the main limitations in tomato production, with yield losses ranging from 20 to 50%. Nematodes cause nodulations that block the flow of water and nutrients; they possess a stylet to penetrate the root and secrete enzymes into the cells. The application of chemical nematicides is a quick option for their control; however, it causes environmental problems. Extracts from Brassicaceae plants contain glucosinolates (GLS), which have nematicidal properties and represent an alternative to chemical pesticides. The objective of the present research was to evaluate the effect of different concentrations of broccoli inflorescence extracts on the development of tomato plants and to assess the damage caused by root-knot nematodes. The research was conducted at the Laboratorio de Agroecología del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM) located in Morelia, Michoacán, during the period September to December 2024. Two experiments were carried out: the first evaluated the effect of 96%, 48%, 24%, and 0% (control) concentrations on tomato growth, and the second evaluated the effect of the extract on root-knot nematodes. Regarding the effect of the extracts on growth, greater root biomass was found with the 96% concentration compared to the 48%, 24%, and control treatments. However, 27 days after transplanting, plants treated with the 96% concentration showed reduced height. As for the damage caused by nematodes, it was found that the 96% concentration resulted in less galling compared to the 48%, 24%, and control treatments, as well as a lower number of eggs compared to the fluazaindolizine and control treatments.

Keywords *Solanum lycopersicum*, *Meloidogyne* sp., *Nacobbus* sp., organic control, *Brassica oleracea* var. *Italica*.

INTRODUCCIÓN

México, se ubica a nivel mundial en el décimo lugar en producción de jitomate. En el año 2024 se obtuvo una producción de tres millones doscientas mil toneladas con una superficie de siembra de cuarenta y nueve mil quinientas veinte hectáreas, (SIAP, 2024). A nivel nacional, los estados de Michoacán, San Luis Potosí y Sinaloa se encuentran como los mayores productores de esta hortaliza (Cubillas, 2023). Los principales destinos comerciales son Canadá, Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos, Japón, y Singapur (SADER, 2023).

Los nemátodos agalladores son una de las principales limitaciones en la producción de jitomate. En México, el género con mayor presencia es *Meloidogyne* spp. seguido del falso nodulador *Nacobbus* spp. (Carrillo-Fasio, 2019; Martínez-Gallardo et al., 2019). Las pérdidas por nemátodos van desde el 20 al 50% de la producción (Romero, 2019). Estos patógenos causan nodulaciones en las raíces que dificultan la traslocación y absorción de agua y nutrientes, además, en la parte aérea pueden observarse síntomas como clorosis, marchitamiento y crecimiento reducido

(Trambadiya et al., 2023). Los nemátodos pueden ser fácilmente diseminados con implementos de labranza o agua de riego, poseen un estilete que cumple un doble propósito, abrirse paso a lo largo de la raíz y segregar enzimas dentro de las células para alimentarse. (Guzmán et al., 2020; Jagdale et al., 2021).

El control de nemátodos agalladores se basa en un manejo convencional mediante la aplicación de nematicidas químicos que resulta ser una opción rápida y generalmente poco efectiva para su control, algunos compuestos químicos como fluazaindolizine, fluopyram y fluensulfone, han sido probados con buenos resultados en el control de nemátodos agalladores; sin embargo, la aplicación continua de estos ingredientes activos genera resistencia (Calvo-Araya, 2016; Wram, 2020; Petrikovski et al., 2023).

Las plantas mediante su metabolismo secundario producen distintos compuestos con distintas funciones biológicas, entre las que se encuentra la actividad antimicrobiana (Elshafie et al., 2023). Plantas de la familia de las brasicáceas producen glucosinolatos (GLS), que al hidrolizarse producen diferentes isotiocianatos (ITC), que han demostrado tener actividad inhibitoria contra microorganismos. Los extractos acuosos de brasicáceas pueden ser utilizados como una alternativa a los pesticidas químicos para el control de nemátodos fitoparásitos y otros patógenos de la raíz (Pacífico et al., 2021).

Con base en lo anterior, en la presente investigación se evaluaron diferentes concentraciones de extractos acuosos de inflorescencias de brócoli, con el objetivo de evaluar el efecto de los extractos sobre el crecimiento de plantas de jitomate y control de nemátodos agalladores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el invernadero del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en Morelia Michoacán con coordenadas 19.64 N - 101.22O, durante el periodo de septiembre a diciembre del 2024.

Obtención y producción del inóculo de nemátodos agalladores

Se realizó una colecta de raíces de jitomate en un predio de la localidad de Acámbaro Guanajuato, donde previamente las plantas presentaban síntomas

visuales de la presencia de nemátodos agalladores. Para la extracción de huevecillos, se siguió el procedimiento descrito por Jaramillo-López & Powell, (2013). Se cortaron segmentos de raíces de 1 a 2 cm y posteriormente se licuaron durante 1 minuto en una solución de hipoclorito de sodio al 1%, las raíces licuadas se lavaron durante 3 minutos en un tamiz de 25 µm, los residuos en el tamiz fueron vaciados a un tubo falcón y con agua corriente se aforó a 45 mL y posteriormente fue centrifugado durante 3 minutos a 3000 rpm. Después se eliminó el excedente de agua y el tubo se aforo nuevamente a 45 mL agregando una solución de azúcar al 30% y se centrifugó durante 3 minutos a 3000 rpm. Después del centrifugado las raíces se lavaron en un tamiz de 25 µm durante 1 minuto. Finalmente, se colocaron en un matraz de 500 mL y se almacenaron a 4 °C.

Para la producción de inóculo, el matraz se mantuvo a temperatura ambiente y con una micropipeta se inocularon 15 mL en plantas de jitomate de 30 días de germinada. Las plantas se mantuvieron con riego constante a capacidad de campo durante 1 mes y se repitieron los pasos anteriores para la extracción de los huevecillos y la obtención del inóculo.

Elaboración del extracto acuoso de inflorescencias de brócoli

Se consiguieron cabezas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), de un lote de plantas en el mercado de abastos en Morelia, Michoacán.

El extracto se realizó a partir de las inflorescencias de brócoli, el material vegetal se cortó en trozos de 1 a 2 cm de longitud, los cortes se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% y se enjuagaron durante 1 minuto con agua corriente. Finalmente, las inflorescencias se licuaron en una relación de 1 gr de material vegetal por 1.5 mL de agua. En total se utilizaron 1333 g de inflorescencias de brócoli y 2000 mL de agua por cada experimento. El extracto se filtró con ayuda de una tela y el resultado se consideró como un 100% o solución madre.

Desarrollo experimental

Se realizaron dos experimentos para evaluar el efecto de los extractos de inflorescencias de brócoli en el desarrollo de plantas de jitomate y evaluar el control de nemátodos agalladores. Se utilizaron macetas con 400 g de una combinación

1:1 v/v suelo esterilizado-arena. Con una planta de jitomate de aproximadamente 30 días de germinada.

Para evaluar la fitotoxicidad del extracto acuoso de brócoli en plantas de jitomate, a partir de la solución madre del extracto de brócoli, se realizaron diluciones al 96%, 48%, 24% y 0% (control), cada concentración se repitió 5 veces dando en total 20 unidades experimentales (UE). A los 6, 16 y 26 días después del trasplante (DDT), se aplicaron 32 mL de las concentraciones de los extractos a cada UE correspondiente, en el caso del tratamiento al 0% se agregaron 32 mL de agua corriente.

Para evaluar el efecto de los extractos de brócoli sobre los nemátodos agalladores, se utilizaron las mismas diluciones del primer experimento, además, se agregó un control positivo con el ingrediente activo fluazaindolizine. En total se obtuvieron 5 tratamientos con 5 repeticiones para un total de 25 unidades experimentales.

Inoculación de nemátodos agalladores y desarrollo del experimento

Dos días después del trasplante, se aplicaron 10 mL de inóculo equivalentes a 440 huevecillos y 7 juveniles. La alícuota se aplicó a 5 cm del tallo con una profundidad de 3 cm. A los 6 días después del trasplante (DDT), se aplicaron 32 mL de las concentraciones de los extractos y fluazaindolizine, a los 16 y 26 DDT se aplicaron nuevamente los extractos de brócoli.

Para ambos experimentos, se realizaron fertilizaciones con la fórmula 17-17-17 a los 14, 23 y 38 DDT, se consideraron como variables de respuesta la altura de la planta, número de hojas, número de frutos, peso de los frutos, biomasa fresca y seca de la parte aérea, biomasa fresca y seca de la parte radicular, longitud de la raíz, diámetro del tallo y clorofila (SPAD).

Ambos experimentos tuvieron una duración de 77 días, el diseño experimental usado fue completamente al azar, a los datos se les realizaron pruebas de normalidad y homocedasticidad de varianza para cumplir los criterios de análisis y se realizó un ANOVA de un factor y pruebas de comparación de medias con el test de Tukey, ambos con una $P < 0.05$, los análisis se realizaron con el programa estadístico Minitab.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del extracto sobre plantas de jitomate

De acuerdo a los resultados del ANOVA (Cuadro 1). La variable altura de planta fue significativa ($p = 0.006$) a los 27 DDT. El tratamiento al 96% obtuvo un promedio de 21.40 cm y resultó ser significativamente diferente a las concentraciones 0%, 48% y 24% lo cuáles registraron un mayor crecimiento; sin embargo, a los 48 DDT no se mantuvieron estas diferencias significativas. Como lo mencionan Pacífico et al. (2021) y Plaszkó et al. (2021) las brasicáceas contienen isotiocianatos (ITC) derivados de los glucosinolatos (GLS), que en concentraciones a altas pueden causar fitotoxicidad, además se debe tomar en cuenta la susceptibilidad de los cultivos a tales compuestos. Se ha reportado que en cultivos sensibles altas concentraciones de isotiocianatos causaron un retraso en el crecimiento de la planta, así como un cierre estomático (Baldi et al., 2015; Urbancsok et al., 2017; Morales-Rodriguez et al., 2018). Por otro lado, la biomasa fresca radicular resultó estadísticamente significativa ($p < 0.001$), donde los tratamientos al 96%, 48%, y 24% fueron significativamente diferentes respecto al control con una mayor biomasa de 15 ± 5 g (Cuadro 1). Elshafie et al. (2023), mencionan que los metabolitos secundarios producidos por las plantas desempeñan diferentes funciones biológicas relacionadas con la resistencia sistémica, la defensa y efectos promotores del crecimiento que podrían actuar como potenciadores del desarrollo de raíces y brotes (Mrid et al., 2021).

Los resultados de la concentración al 96%, pueden causar un retraso en el crecimiento de la planta, sin embargo, el jitomate no se ve comprometido para continuar su desarrollo. Por otra parte, los extractos acuosos son una estrategia viable, ya que los resultados encontrados en este trabajo, indican que aparte del posible control sobre patógenos que se menciona tienen, estos extractos pueden actuar como un posible promotor del crecimiento vegetal.



Cuadro 1. Variables de crecimiento vegetal en plantas de jitomate a los 27 y 48 días después del trasplante (DDT).

Table 1. Plant growth variables in tomato plants at 27 and 48 days after transplanting (DDT).

Tratamiento	Altura (27 DDT)	Altura (48 DDT)	Biomasa fresca radicular
0%	24.80 ± 1.96 A	54.60 ± 4.20 A	17.67 ± 4.12 B
96%	21.40 ± 2.10 B	49.00 ± 4.80 A	37.27 ± 6.12 A
48%	24.90 ± 0.74 A	50.90 ± 1.88 A	32.35 ± 4.09 A
24%	25.52 ± 1.69 A	53.50 ± 1.69 A	29.46 ± 4.96 A
Prob.	0.006	0.210	< 0.001

Estadísticos: promedio, desviación estándar, prueba Tukey y valor p por tratamiento. Letras distintas en columnas indican diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Efecto del extracto acuoso sobre la raíz, y daño de nemátodos agalladores

De acuerdo con los resultados del ANOVA, la biomasa fresca radicular resultó significativa ($p < 0.001$), donde el tratamiento al 96% obtuvo un promedio de 49.94 g siendo estadísticamente superior a los tratamientos control, fluazaindolizine, 48% y 24% (Figura 1).

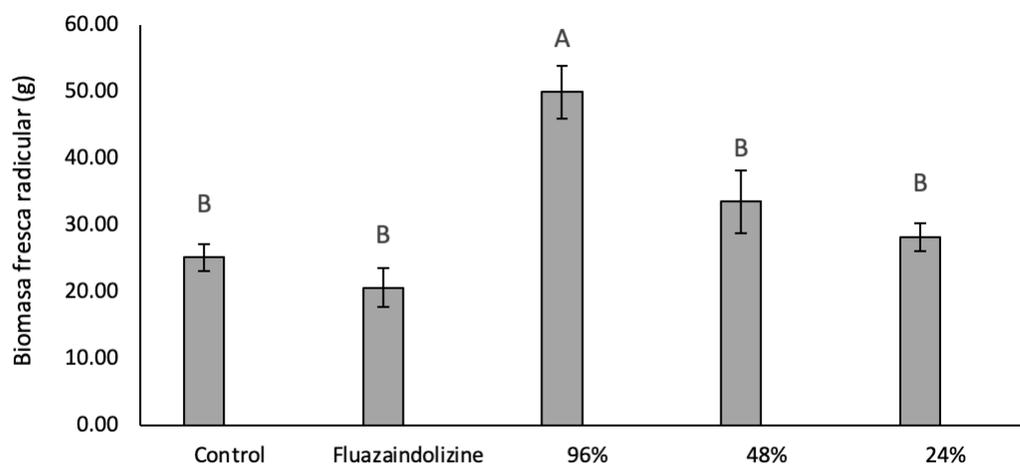


Figura 1. Biomasa radicular fresca en jitomate con extractos de brócoli y nemátodos. Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, 95% de confianza).

Figure 1. Fresh root biomass in tomato with broccoli extracts and nematodes. Different letters indicate significant differences (Tukey, 95% confidence).

Por otro lado, de acuerdo con los resultados de las Figuras 2 y 3, la concentración al 96% obtuvo un menor número de huevecillos, así como de nodulaciones. De igual forma, Argento et al. (2019), Remaly, et al. (2022) y Mnyambo (2024), reportaron resultados similares utilizando extractos de brásicas, encontraron una reducción del ataque por nemátodos logrando un mejor desarrollo y producción de los cultivos.

La utilización de una estrategia de control oportuna puede mantener la población de nemátodos bajas, puede beneficiarse de los efectos de los extractos vegetales en el desarrollo vegetal como se mencionó en el apartado anterior sobre el “efecto del extracto sobre plantas de jitomate”. Para las variables número de nódulos y número de huevecillos por gramo de raíz se obtuvieron valores $p < 0.001$ y 0.015 respectivamente. De acuerdo con la Figura 2, el tratamiento al 96% registró un menor número de nódulos causados por nemátodos, y resultó ser significativamente diferente a los tratamientos control, 48% y 24%, pero igual al ingrediente activo fluazaindolizine.

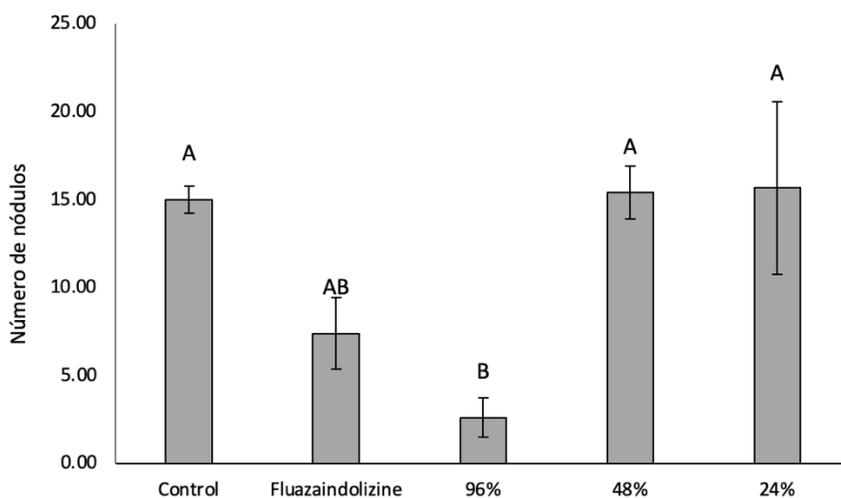


Figura 2. Número de nódulos en jitomate inoculado con nemátodos y tratado con extractos de brócoli. Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, 95% de confianza).

Figure 2. Number of nodules in tomato plants inoculated with nematodes and treated with broccoli extracts. Different letters indicate significant differences (Tukey, 95% confidence).

En el número de huevecillos por gramo de raíz (Figura 3), la concentración al 96% resultó ser estadísticamente similar a las concentraciones del extracto acuoso al 48% y 24%; sin embargo, redujo de manera significativa el número de huevecillos con respecto a los tratamientos control y el ingrediente activo fluazaindolizine.

La concentración al 96% y el ingrediente activo fluazaindolizine generaron un control sobre los nemátodos agalladores. Por un lado, el ingrediente activo fluazaindolizine es usado para el control de nemátodos fitoparásitos (EPA, 2024), y se han obtenido buenos resultados en el control del género *Meloidogyne* spp. (Wram, 2020) y el falso nodulador *Nacobbus* spp., de igual manera, los extractos acuosos de brasicáceas han demostrado su efecto en el control de nemátodos. Pernía (2021), menciona que los metabolitos secundarios encontrados en los extractos acuosos no producen residuos peligrosos, no generan contaminación ambiental y a largo plazo pueden ser más efectivos al dificultar el desarrollo de resistencia.

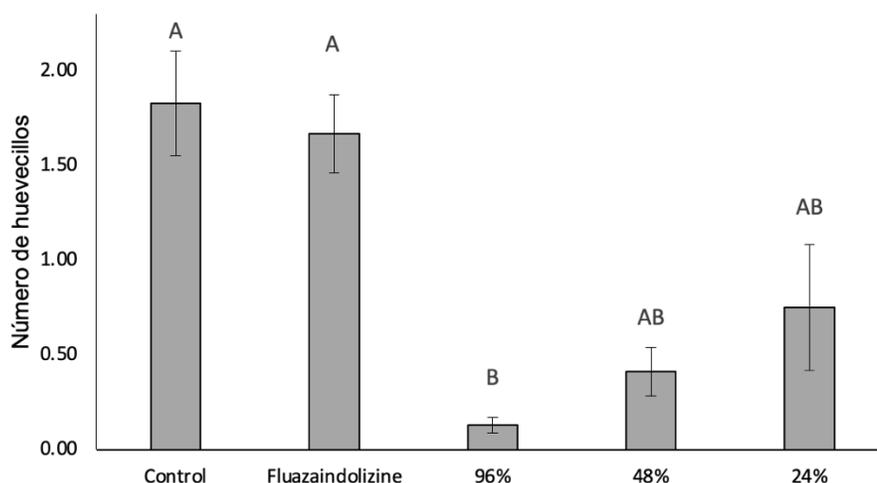


Figura 3. Número de huevecillos de nemátodos por gramo de raíz registrados en plantas de jitomate inoculadas con nemátodos agalladores y sometidas a diferentes dosis de extractos acuosos de brócoli. Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, 95% de confianza).

Figure 3. Number of nematode eggs per gram of root recorded in tomato plants inoculated with root-knot nematodes and treated with different doses of aqueous broccoli extracts. Different letters indicate significant differences (Tukey, 95% confidence).

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, los extractos acuosos de brócoli aplicados al suelo promovieron la biomasa radicular en las plantas de jitomate; sin embargo, el retraso inicial del crecimiento de las plantas sugiere un posible efecto fitotóxico, el cual se revirtió después de 48 DDT, por lo que el uso de los extractos acuosos resultó ser seguro para su aplicación en plantas de jitomate.

La concentración al 96% resultó efectiva, al inducir mayor biomasa radicular, así como un menor número de nodulaciones y huevecillos de nemátodos agalladores por gramo de raíz. En posteriores investigaciones, se podría considerar una concentración más baja para determinar la dosis mínima efectiva. Por otro lado, fluazaindolizine no redujo el número de huevecillos, por lo que es recomendable realizar más de una aplicación del producto.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por los proyectos: “Evaluación de microorganismos rizosféricos en el desarrollo y sanidad de plantas de importancia comercial” y “Uso de bioefectores en el crecimiento y desarrollo de especies vegetales de interés agrícola del estado de Michoacán” financiados por la Coordinación de la investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; y los proyectos FCCHTI23_ME-4.1.-0028 UMSNH/DVSS/87/202 y “FCCHTI23_ME-4.1.-0011/UMSNH/DVSS/77/2023”, financiados por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Michoacán (ICTI). El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de manutención para estudios de posgrado otorgada.

LITERATURA CITADA

- Argento, S., Melilli, M. G., & Branca, F. (2019). Enhancing greenhouse tomato-crop productivity by using *Brassica macrocarpa* Guss. leaves for controlling root-knot nematodes. *Agronomy*, 9(12), 820. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120820>
- Baldi, E., Toselli, M., Malaguti, L., & Lazzeri, L. (2015). Evaluation of the biocidal effects of *Brassica* seed meal on *Armillaria mellea*. *Annals of Applied Biology*, 167(3), 364-372.. <https://doi.org/10.1111/aab.12233>
- Calvo-Araya, J. A., & Orozco-Aceves, M. (2016). Nematicidal efficacy of Fluensulfone against false root-knot nematode (*Nacobbus aberrans*) in cucumber crop under field conditions. *Journal of Experimental Agriculture International*, 14(2), 1-8.. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2016/28611>.



- Carrillo-Fasio, J. A., Martínez-Gallardo, J. A., Allende-Molar, R., Velarde-Félix, S., Romero-Higareda, C. E., & Retes-Manjarrez, J. E. (2019). Distribution of *Meloidogyne* species (Tylenchida: Meloidogynidae) in tomato crop in Sinaloa, Mexico. *Nematropica*, 49(1), 71–82.
- Cubillas, Z. (2023). Sonora es el noveno lugar de producción de tomate en México. Tribuna de San Luis. Recuperado de: <https://oem.com.mx/tribunadesanluis/local/sonora-es-el-noveno-lugar-de-produccion-de-tomate-en-mexico-19555257>
- Elshafie, H. S., Camele, I., & Mohamed, A. A. (2023). A comprehensive review on the biological, agricultural and pharmaceutical properties of secondary metabolites based-plant origin. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 3266. <https://doi.org/10.3390/ijms24043266>
- Guzmán, O. A., Zamorano, C. & López, H. D. (2020). Interacciones fisiológicas de plantas con nemátodos fitoparásitos: una revisión. *Biol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (2): 190-205. Doi: <https://doi.org/10.17151/bccm.2020.24.2.13>
- Jagdale S, Rao U & Giri A. P. (2021) Effectors of Root-Knot Nematodes: An Arsenal for Successful Parasitism. *Frontiers in Plant Science*. 12:800030. doi: 10.3389/fpls.2021.800030
- Jaramillo-López, P. F., & Powell, M. A. (2013). Application of stabilized biosolids and fly ash mixtures as soil amendments and their impact on free living nematodes and carrot (*Daucus carota*) yield. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2(1), 22. <https://doi.org/10.1186/2251-7715-2-22>
- Martínez-Gallardo, J. Á., Díaz-Valdés, T., Allende-Molar, R., Retes-Manjarrez, J. E., & Carrillo-Fasio, J. A. (2019). Identificación y distribución de *Meloidogyne* spp. en tomate de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 453–460. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.392>
- Mnyambo, N. M., Rantho, L. P., Dube, Z. P., & Timana, M. (2024). Timing of plant extracts application in the management of *Meloidogyne incognita* on tomato plants. *International Journal of Plant Biology*, 15(4), 1108–1117. <https://doi.org/10.3390/ijpb15040077>
- Mrid, R. B., Benmrid, B., Hafsa, J., Boukcim, H., Sobeh, M., & Yasri, A. (2021). Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. *Science of the Total Environment*, 777, 146204.. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146204>
- Pacifico, D., Lanzaova, C., Pagnotta, E., Bassolino, L., Mastrangelo, A. M., Marone, D., Matteo, R., Lo Scalzo, R., & Balconi, C. (2021). Sustainable use of bioactive compounds from *Solanum tuberosum* and Brassicaceae wastes and by-products for crop protection—A review. *Molecules*, 26(8), 2174. <https://doi.org/10.3390/molecules26082174>
- Pernía, J. C., & Sanabria Mahecha, M. C. (2021). El manejo integral de plagas y enfermedades en cultivos como una alternativa de compromiso para el

cumplimiento de la Responsabilidad Social Ambiental en la agricultura.
Dissertare, 6(1), 4–20

- Plaszko, T., Szűcs, Z., Vasas, G., & Gonda, S. (2021). Effects of glucosinolate-derived isothiocyanates on fungi: A comprehensive review on direct effects, mechanisms, structure-activity relationship data and possible agricultural applications. *Journal of Fungi*, 7(7), 539. <https://doi.org/10.3390/jof7070539>
- Romero, M. I., Rojas, M., Hernández-Rodríguez, S., Duarte, J., & Carrillo, A. (2019). Identificación y distribución de especies de *Meloidogyne* en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 337–346.
- SADER, (2023). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, ¿Qué hay detrás de la producción de jitomate? Gobierno de México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/que-hay-detras-de-la-produccion-de-jitomate>
- SIAP (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap>
- Trambadiya, K., Kanabar, R., & Visavadia, M. (2023). Nematicidal properties of medicinal plants against root-knot nematode – A systematic review. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 1(4), 501–509. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1\(4\).44](https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1(4).44)
- EPA. (2023). U.S. Environmental Protection Agency, registers new active ingredient fluazaindolizine. Recuperado de: <https://www.epa.gov/pesticides/epa-registers-new-active-ingredient-fluazaindolizine>
- Urbancsok J., Bones A. M. & Kissen R. 2017 Glucosinolate-Derived Isothiocyanates Inhibit Arabidopsis Growth and the Potency Depends on Their Side Chain Structure. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(11), 2372. <https://doi.org/10.3390/ijms18112372>
- Wram, C. L., & Zasada, I. A. (2020). Differential response of *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Globodera*, and *Xiphinema* species to the nematicide fluazaindolizine. *Phytopathology*, 110(12), 2003–2009. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0189-R>

