

Rendimiento del tomate y resistencia a *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood mediante uso de micorrizas

Sofía Gutiérrez-Durón¹
Irma Guadalupe López-Muraira^{1,§}
Héctor Flores-Martínez¹
Arturo Moisés Chávez-Rodríguez¹
Mayra Itzcalotzin Montero-Cortés¹
Luis Lorenzo Valera-Montero²

1 Instituto Tecnológico de Tlajomulco. Carretera Tlajomulco, Circuito Metropolitano Sur-San Miguel Cuyutlán km 10, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. CP. 45640.

2 Instituto Tecnológico El Llano. Carretera México 70 km 18, El Llano, Aguascalientes, México. CP. 20330.

Autor para correspondencia: irma.lm@tlajomulco.tecnm.mx.

Resumen

Se evaluó el impacto de cinco dosis diferentes de un consorcio micorrízico comercial sobre el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la resistencia de la planta frente a nemátodos del género *Meloidogyne incognita*. Se valoraron quincenalmente las siguientes variables vegetativas: altura de la planta, número, longitud y ancho de las hojas; reproductivas: número y espaciado de racimos y de producción: número de frutos, peso, longitud y rendimiento de fruto, desde los 7 y hasta los 230 días después del trasplante (ddt). Además, para la evaluación del efecto en la resistencia, se realizaron la identificación taxonómica, cuantificación de nemátodos y determinación del porcentaje de micorrización a los 90, 160 y 230 ddt. El análisis de varianza indicó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las variables de producción: rendimiento de cosecha, longitud y peso de los frutos; así como para la cuantificación de nemátodos y porcentaje de micorrización, en la dosis utilizada de 15 g L⁻¹. La dosis 10 veces superior del consorcio micorrízico incrementó significativamente el rendimiento (12 65 kg planta⁻¹), peso (64 g) y longitud de frutos (6.3 cm), así como el porcentaje de micorrización (88.85%) y redujo la colonización radicular por *Meloidogyne incognita* (3%) en comparación con el control.

Keywords:

Solanum lycopersicum, *Meloidogyne incognita*, micorrizas, peso de frutos.



Introducción

A nivel mundial, México se destaca como uno de los principales productores de tomate (*Solanum lycopersicum*), ocupando un lugar importante en la producción global (Orona-Castillo *et al.*, 2022). Sin embargo, la producción de tomate enfrenta serios desafíos debido a diversas enfermedades y plagas que le aquejan, entre las cuales los nematodos fitoparasitarios, como *Meloidogyne incognita*, son de particular preocupación. Los nematodos reducen la absorción de agua a través de las raíces de las plantas y afectan las funciones fisiológicas, ocasionando pérdidas considerables en rendimiento (Guzmán-Piedrahita *et al.*, 2020).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) han emergido como una alternativa prometedora para mejorar la sanidad de las plantas (Ramírez *et al.*, 2021) y aumentar la calidad de frutos (Vázquez *et al.*, 2020). Estos hongos establecen simbiosis con las raíces, facilitando el intercambio como nitrógeno y fósforo (Carrillo-Saucedo, 2022). Además, las micorrizas arbusculares pueden ofrecer una protección efectiva contra otros patógenos del suelo, al competir por espacio en las raíces, modificar los exudados radiculares y activar mecanismos de defensa en las plantas (Harrier y Watson, 2004; Sousa *et al.*, 2010). La colonización de HMA mejora la nutrición de las plantas, la tolerancia al estrés hídrico y activa los mecanismos de defensa (Volpe *et al.*, 2018).

Comprender estas interacciones es crucial para desarrollar estrategias eficaces de biocontrol contra los nematodos en el cultivo de tomate (Arias *et al.*, 2009) donde especies como *Glomus intraradices*, *F. mosseae* y *Rhizophagus intraradices* pueden reducir la población de nematodos y la formación de agallas en cultivos de tomate, proporcionando una estrategia de manejo integrado (Sharma y Sharma, 2015). En México, el uso de micorrizas arbusculares en el cultivo de tomate es aún incipiente, y se requiere más investigación para lograr su efectividad en el control de *M. incognita* y otros nematodos fitoparasitarios. Con base en lo anterior, se propuso evaluar el impacto de la aplicación de distintas dosis de un consorcio de micorrizas en el rendimiento del cultivo de tomate y su capacidad para conferir control a *M. incognita*.

Material y métodos

El trabajo de investigación se llevó a cabo de octubre 2023 a mayo 2024 en condiciones de cultivo protegido en Culiacán, Sinaloa, ubicado en 24.673352 latitud norte y 107.49718 longitud oeste, con una malla sombra (malla antiáfidos, sombra raschel 30%) y riego por goteo de 1 L h⁻¹.

Inoculación de los HMA

Se inocularon un total de 600 semillas de tomate híbrido indeterminado tipo saladet, variedad SVTJ7535 (Seminis®), utilizando charolas de poliestireno con 162 cavidades individuales. Las semillas fueron sembradas sobre un sustrato comercial BM 2 Euro®, diseñado para la propagación de hortalizas, y posteriormente cubiertas con vermiculita VerLite® para favorecer la retención de humedad y la germinación uniforme. Para el estudio, cada grupo de 100 semillas se inoculó con cinco distintas dosis de esporas del comercial de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) que contenían *Rhizophagus irregularis*, *Funnelformis mosseae*, *Glomus aggregatum* y *Entrophospora etunicata* y un grupo se mantuvo sin inoculación como testigo.

Finalmente, se establecieron seis tratamientos correspondientes a 1X, 2X, 4X, 6X y 10X de la dosis recomendada (Cuadro 1), definidas de acuerdo con el fabricante para aplicaciones por riego, que indica una dosis estándar de 1.5 g L⁻¹ de agua para hortalizas en fase de trasplante (MycoApply®, 2020). Este diseño permitió evaluar una posible respuesta siguiendo criterios similares a los empleados en ensayos previos con hongos micorrízicos en cultivos hortícolas (Berruti *et al.*, 2016).



Cuadro 1. Tratamientos aplicados con dosis del consorcio de micorrizas arbusculares (HMA) y concentración estimada de esporas por litro.

Tratamiento	Dosis	Número de esporas L ⁻¹
T1, testigo sin inoculación	0	0
T2, HMA en sustrato	2.5 g kg ⁻¹	2 408.33
T3, HMA mitad recomendada en riego	0.75 g L ⁻¹	722.5
T4, HMA recomendada en riego	1.5 g L ⁻¹	1 445
T5, HMA 10 veces la dosis recomendada en riego	15 g L ⁻¹	14 450
T6, HMA recomendada en riego + en sustrato	1.5 ml L ⁻¹ + 2.5 g kg ⁻¹	1 445 + 2 408.33

La aplicación de HMA inició a partir del desarrollo de la hoja verdadera; es decir, a los nueve días después de la siembra (dds), aplicando la solución sobre la base del tallo de la planta. Cada tratamiento fue aplicado de forma individual y la inoculación se repitió cada tres días durante un periodo de 35 días hasta el momento del trasplante. Paralelamente, se aplicó una fertilización química mediante riego por goteo, con un caudal de 1 L h⁻¹. Se utilizó fertilizante granulado con fórmula N-P-K (5-10-5), disolviendo 5 g de fertilizante por tratamiento en 1 L de agua. Esta solución se aplicó a partir de los 10 días después de la siembra y se repitió cada tres días durante 230 días, cubriendo todo el ciclo del cultivo, desde la fase de establecimiento hasta la producción. La dosis y el método de aplicación fueron determinados conforme a lo reportado por Gill y Verma (2018). No se aplicaron micronutrientes adicionales, ya que el análisis del suelo indicó niveles suficientes para el desarrollo óptimo del cultivo lo que coincide con lo reportado por Smith y Read (2008). En cuanto a las inoculaciones en sustrato, se realizaron una sola vez, mezclando manualmente la turba con el producto en el momento de la siembra. Durante la fase de siembra (45 días) las plántulas alcanzaron un promedio de 14 cm de altura previo al trasplante.

Establecimiento del experimento y diseño experimental

Las plántulas micorrizadas fueron trasplantadas en surcos cubiertos con acolchado plástico, con una distancia de 1.96 m entre el centro de un surco a otro y una separación de 0.5 m entre plantas dentro de cada surco en invernadero provisto con una estructura de malla sombra y con antecedentes de infestación por *Meloidogyne incognita*. Una vez realizado el trasplante, se reforzó la inoculación con HMA a los 15, 30 y 45 días después del trasplante (ddt), depositando la solución en la base del tallo de la planta a las respectivas dosis por tratamiento. Se trabajó por 230 ddt con una fertilización química tradicional 20-10-10 N-P-K por planta aplicándose cada dos días hasta la evaluación final. La unidad experimental por tratamiento estuvo constituida por tres repeticiones con 14 plantas por repetición distribuidas bajo un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos.

Variables vegetativas y de producción evaluadas

Se evaluaron quincenalmente tres plantas por repetición, 14 plantas por tratamiento. Las variables vegetativas fueron: 1) altura de la planta (cm); 2) ancho de hoja (5ta hoja, cm); 3) longitud de hoja (5ta hoja, cm); 4) grosor de tallo (debajo de la 1ra floración, cm); 5) distancia entre racimos (5to-6to racimo, cm). Las variables de producción fueron: 6) número de racimos; 7) número de frutos por racimo; 8) peso de fruto (g); 9) longitud de fruto (cm); y 10) diámetro de fruto (cm).

Rendimiento de frutos total en kg. Las mediciones se realizaron sobre la quinta hoja completamente expandida, ya que ésta se considera fisiológicamente representativa del estado general de la planta durante las etapas de desarrollo. La elección de esta hoja responde a su estabilidad morfológica, menor variabilidad interindividual y porque refleja con mayor precisión los efectos de tratamientos nutricionales o simbióticos en el crecimiento foliar, tal como lo señalan reportes previos

en solanáceas (Lichtenthaler *et al.*, 2005). Se consideró la distancia entre racimos del quinto al sexto para dar uniformidad y relevancia en el desarrollo vegetativo del tomate y del grosor de tallo, para dar una buena representatividad a los datos. Para obtener el rendimiento total, se sumó el peso de los frutos cosechados de cada planta (kg) en cada uno de los períodos de muestreo, lo que permitió calcular el rendimiento acumulado por tratamiento.

Porcentaje de micorrización

A los 90, 160 y 230 ddt se evaluó el porcentaje de micorrización mediante el método de tinción. Para determinar la colonización micorrízica, las raíces fueron extraídas del suelo desde la base de la planta hasta los 30 cm de profundidad, lavadas con agua corriente para eliminar el exceso de tierra. Posteriormente, fueron clareadas con una solución de KOH al 10% y H₂O₂ al 10% durante 30 min a temperatura ambiente. Luego, se tiñeron con azul tripano en lactoglicerol al 0.05% durante 24 h para facilitar la visualización de las estructuras micorrízicas. Después de teñir, se observaron en un microscopio óptico compuesto con un objetivo de 40X. El porcentaje de colonización micorrízica se determinó en cinco campos visuales equidistantes por segmento de raíz. Se registró la presencia o ausencia de estructuras micorrízicas como hifas cenocíticas, vesículas, arbuscúlos y esporas. El porcentaje de colonización se calculó contabilizando las interacciones de las hifas y las estructuras micorrízicas dentro de las raíces y dividiendo entre el número total de segmentos observados.

Contabilización de nematodos

A los 90, 160 y 230 ddt se contabilizó el número de nematodos mediante el método de centrifugación. Se extrajeron las raíces del suelo a una profundidad de 30 cm desde la base de la planta y se lavaron con agua corriente sobre un tamiz de malla fina. Se tomaron 300 cc de las raíces lavadas y se colocaron en un tubo esterilizado de 50 ml ARBiotech® de polipropileno por tratamiento, respectivamente. Luego, se agregaron 25 ml de agua destilada a cada tubo. El siguiente paso fue la centrifugación de la muestra a 1 500 rpm durante 10 min, utilizando un centrifugador Thermo Fisher Scientific®. El sedimento fue cuidadosamente transferido a una cámara de conteo para nemátodos y fueron contabilizados bajo un microscopio de luz con un objetivo de 40X. Para garantizar la precisión del conteo, se contaron cinco campos visuales aleatorios dentro de la cámara de conteo para obtener una media representativa de la población de nemátodos por muestra. El conteo total de nemátodos por tratamiento se calculó sumando todos los nemátodos observados en los diferentes campos visuales y dividiendo entre el número de campos contados. La identificación de nemátodos se realizó de acuerdo con Hunt y Handoo (2012).

Análisis estadístico

Para el análisis de todas las variables se utilizó un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $p=0.05$), con la ayuda del paquete estadístico Minitab 2018.

Resultados y discusión

Altura de la planta, grosor de tallo, longitud y ancho de las hojas

Los resultados obtenidos indican que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en cuanto al grosor del tallo, la longitud y el ancho promedio de las hojas por planta. El grosor del tallo osciló entre 7.7 y 8.23 mm, mientras que la longitud foliar varió entre 27.3 cm y 29.9 cm, y el ancho entre 24 cm y 24.9 cm (Cuadro 2).



Cuadro 2. Resultados de evaluación de variables morfológicas.

Tratamiento	AP (cm)	GT (mm)	LH (cm)	AH (cm)	NR	DR (cm)	FR	RF (kg totales)
T1	275.8 a	7.7 a	27.3 a	24.2 a	9 a	30.1 a	13 a	817.9
T2	275.9 a	7.8 a	28.1 a	24 a	10 a	30 a	13 a	934
T3	246.2 a	7.8 a	27.4 a	24.5 a	9 a	28.3 a	14 a	801
T4	289.3 a	7.5 a	27.7 a	24.1 a	9 a	28.6 a	13 a	781.2
T5	307.6 a	8.2 a	29.9 a	24.9 a	11 a	27.1 a	16 a	987
T6	304.5 a	8.1 a	28.5 a	24.7 a	10 a	27.9 a	15 a	949.2

T1= testigo sin inoculación; T2= HMA en sustrato; T3= HMA mitad recomendada en riego; T4= HMA recomendada en riego; T5= HMA 10 veces la dosis recomendada en riego; T6= HMA recomendada en riego + en sustrato; AP= altura de la planta; GT= grosor del tallo; LH= longitud de la hoja; AH= ancho de la hoja; NR= número de racimos; DR= distancia entre racimos; FR= frutos por racimo; RF= rendimiento de frutos. Medias con letra distinta dentro de cada columna son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Estas similitudes sugieren que, bajo las condiciones de la presente investigación, los tratamientos no ejercieron un efecto diferenciador sobre estas variables morfológicas. Esto coincide con lo reportado por Ramírez *et al.* (2019). Es posible que factores como la uniformidad genética del material vegetal o condiciones ambientales homogéneas hayan contribuido a la ausencia de diferencias, limitando así la respuesta morfológica de las plantas frente a los tratamientos aplicados.

Número de racimos, distancia entre racimos y frutos por racimo

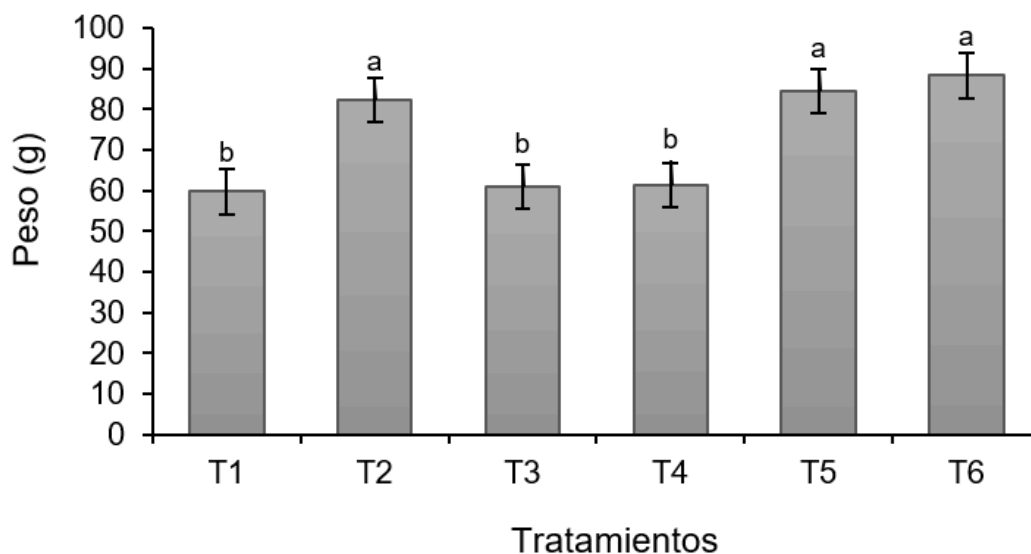
La cantidad promedio de racimos por planta varió entre 9 y 11, mientras que la distancia entre racimos osciló entre 27.1 cm y 30.1 cm y el número de frutos por racimo fluctuó entre 13 y 16 (Cuadro 2). No se encontraron diferencias significativas en la distancia entre racimos ni en el número de frutos por racimo, lo que indica una respuesta homogénea entre tratamientos.

Peso de los frutos

El peso promedio de los frutos (Figura 1) mostró diferencias significativas entre tratamientos. Con T1 (sin inoculación) los frutos presentaron el menor peso (59.38 g), mientras que con los tratamientos T2 (2.5 g kg⁻¹ de sustrato), T5 (15 g L⁻¹) y T6 (1.5 g L⁻¹ + 2.5 g kg⁻¹) los frutos registraron los mayores valores, con 82.37 g, 84.49 g y 88.36 g, respectivamente. En cambio, los tratamientos T3 (0.75 g L⁻¹) y T4 (1.5 g L⁻¹) mostraron valores similares y bajos. Se observaron diferencias altamente significativas entre T2, T5 y T6 frente al resto (Tukey, $p = 0.05$) a los 230 días después del trasplante.



Figura 1. Peso de frutos de tomate. T1= testigo sin inoculación; T2= HMA en sustrato; T3= HMA mitad recomendada en riego; T4= HMA recomendada en riego; T5= HMA 10 veces la dosis recomendada en riego; T6= HMA recomendada en riego + en sustrato.



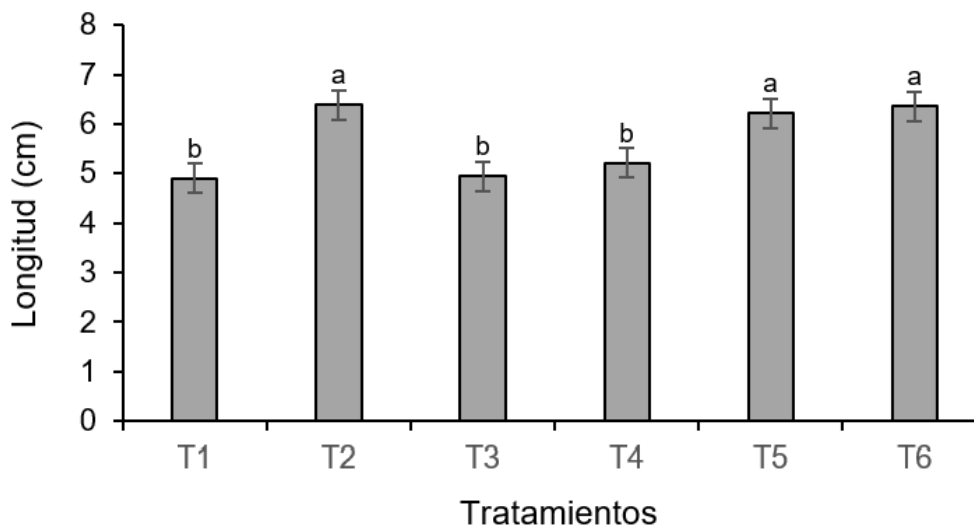
Estos resultados coinciden con trabajos previos (Todeschini *et al.*, 2018; Alvarado-Carrillo *et al.*, 2014), que señalan que los HMA, como *Rhizophagus irregularis* y *Funnelformis mosseae*, promueven el crecimiento y mejoran el rendimiento mediante una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, lo cual podría explicar los efectos observados en los tratamientos con mayores niveles de inoculación.

Longitud y diámetro de los frutos

La longitud de los frutos osciló entre 4.9 y 6.3 cm. A lo largo de los distintos periodos de evaluación, no se encontraron diferencias significativas (Tukey, $p= 0.05$) entre los tratamientos aplicados T2 (2.5 g kg^{-1} de sustrato) y T6 ($1.5 \text{ g L}^{-1} + 2.5 \text{ g kg}^{-1}$) de 6.39 y 6.36 cm respectivamente (Figura 2). Los resultados para el diámetro de frutos variaron de 4.4 a 5.4 cm y no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.



Figura 2. Longitud de frutos. T1= testigo sin inoculación; T2= HMA en sustrato; T3= HMA mitad recomendada en riego; T4= HMA recomendada en riego; T5= HMA 10 veces la dosis recomendada en riego; T6= HMA recomendada en riego + en sustrato. Medias con letra distinta dentro de cada columna son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).



Rendimiento de fruto

Los rendimientos de fruto (Cuadro 2) mostraron que la dosis utilizada en T1 (sin inoculación) presentó un peso total de 817.9 kg; T2 (2.5 g kg^{-1} de sustrato) y T3 (0.75 g L^{-1}) tuvieron pesos de 934 kg y 801 kg, respectivamente. T4 (1.5 g L^{-1}) alcanzó 781.2 kg mientras que T5 (15 g L^{-1}) mostró el mayor peso promedio de 987 kg. Finalmente, T6 ($1.5 \text{ g L}^{-1} + 2.5 \text{ g kg}^{-1}$) tuvo un peso de 949.2 kg. Se obtuvo un rendimiento promedio de 12.65 kg por planta en el tratamiento con mayor dosis, superando ampliamente al control (8.3 kg) al contemplar rendimiento total de fruto entre el número de plantas por tratamiento (14 plantas a doble guía con tres repeticiones).

Colonización de nemátodos y porcentaje de micorrización

El número de nemátodos por 300 cc de raíz mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3). El testigo T1 (sin inoculación) presentó la mayor colonización con 1 152 individuos. En contraste, el tratamiento T5 (15 g L^{-1}) mostró la menor cantidad, con solo 23 individuos, seguido de T6 ($1.5 \text{ g L}^{-1} + 2.5 \text{ g kg}^{-1}$) con 24.3. Los tratamientos T2, T3 y T4 registraron 664, 176 y 949 individuos, respectivamente. Se observó una diferencia altamente significativa (Tukey, $p = 0.05$) a los 90, 160 y 230 días después del trasplante (ddt), siendo T5 y T6 significativamente distintos al resto al final del ciclo 230 ddt.



Cuadro 3. Porcentaje de colonización (% M) de los HMA en tomate y efecto en el control de *Meloidogyne* a los 90, 160 y 230 ddt (días después del trasplante).

Tratamientos	90ddt (% M)	IP3R	160ddt (% M)	IP3R	230ddt (% M)	IP3R
T1	s/m b	800 b	2.3 b	1201 b	2.1 b	1455 b
T2	49.95 a	331 ab	41.34 a	769 ab	39.34 ab	892 ab
T3	16.9 b	564 b	10.5 ab	838 b	9.5 b	1336 b
T4	66.55 a	487 b	59.9 a	1120 b	56.7 ab	1239 ab
T5	83.3 a	s/n a	80.4 a	28 a	77.02 a	38 a
T6	88.85 a	s/n a	80.5 a	43 a	74.16 a	45 a

T1= testigo sin inoculación; T2= HMA en sustrato; T3= HMA mitad recomendada en riego; T4= HMA recomendada en riego; T5= HMA 10 veces la dosis recomendada en riego; T6= HMA recomendada en riego + en sustrato; s/n= sin nematodos; s/m= sin micorrización; IP3R= individuos por 300 cc/raíz. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, Tukey= 0.05.

Estos resultados sugieren que una mayor micorrización reduce la colonización por nemátodos, posiblemente al mejorar la defensa de la planta (Molinari *et al.*, 2022). Lo anterior, coincide con reportes que señalan que los hongos micorrízicos inducen mecanismos de resistencia en las raíces. Además, la presencia de nemátodos afectó negativamente la formación de nódulos (Hernández-Santiago *et al.*, 2024), lo que sugiere una competencia por el espacio y recursos entre microorganismos simbioses y parásitos en la rizósfera.

Conclusiones

La inoculación con consorcios de HMA, especialmente a una dosis de 15 g L⁻¹ (14 450 esporas L⁻¹), mejoró significativamente el rendimiento del cultivo en invernadero del tomate tipo saladet. Esta dosis tuvo un efecto directo en el peso promedio del fruto, alcanzó 84.49 g, así como en la producción total por planta, con un rendimiento estimado de 987 kg m⁻². Además, se observó una reducción del 97% en la presencia del nemátodo *Meloidogyne incognita* en las raíces, efecto que se mantuvo hasta los 230 días después del trasplante.

En contraste, las variables vegetativas como altura de planta, grosor del tallo, longitud y ancho de hoja, número y distancia entre racimos, número de frutos por racimo, diámetro de fruto no mostraron diferencias estadísticas significativas bajo las condiciones de este experimento. Esto sugiere que el principal impacto de la inoculación con HMA se manifiesta en variables productivas y sanitarias, más que en características morfológicas visibles.

Agradecimientos

Los autores de esta publicación agradecen a Bayer Crop Science, Sitio Experimental Culiacán, por su valioso apoyo para la realización de esta investigación.

Bibliografía

- 1 Abd-El-Khair, H.; El-Nagdi, W. M. A.; Youssef, M. M. A.; Abd-Elgawad, M. M. M. and Dawood, M. G. 2019. Protective effect of *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*, and *Pseudomonas fluorescens* against root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on cowpea. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 52(1-2):1-19. Doi: <https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1580155>.
- 2 Alvarado-Ruffo, K.; De la Cruz, A. y Osorio, G. 2012. Efecto de *Glomus intraradices* en el control de *Meloidogyne incognita* en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en fase de semillero. Revista Peruana de Biología. 19(3):321-324. Doi: <https://doi.org/10.15381/rpb.v19i3.1059>.

- 3 Al-Shammari, W. A.; Al-Sadi, A. M. and Al-Nabhani, A. 2024. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and root-knot nematodes in tomato: effects on growth, yield, and nematode reproduction. *Journal of Plant Pathology*. 106:123-135. Doi: <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01567-8>.
- 4 Bona, E.; Cantamessa, S.; Massa, N.; Manassero, P.; Marsano, F.; atCopetta, A.; Lingua, G.; D'Agostino, G.; Gamalero, E. and Berta, G. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads improve yield, quality and nutritional value of tomato: a field study. *Mycorrhiza*. 27(1):1-11. Doi: [10.1007/s00572-016-0727-y](https://doi.org/10.1007/s00572-016-0727-y).
- 5 Casarín, V. S.; Plenchette, C.; Lovato, P. E. y Siqueira, J. O. 2009. Micorrización arbuscular en la producción de cultivos en la región tropical de Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 44(8):821-831. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800003>.
- 6 CEIEG. 2014. Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. Ficha de información municipal de Tlajomulco de Zúñiga. Jalisco, México. <https://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/TlajomulcodeZuniga.pdf>.
- 7 Chávez-Chico, L. A.; Poma-Coz, W. A.; López-Sánchez, R. C. y Pineda-Linares, P. G. 2020. Hongos micorrízicos arbusculares y vermicompost en el rendimiento de *Solanum lycopersicum* L. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 7(2):29-37. Doi: <https://doi.org/10.53287/ryos4257yi41j>.
- 8 Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- 9 Fernández, E. M. y Rodríguez, M. G. 2005. Técnicas para el estudio de nemátodos fitoparásitos. Laboratorio de Nematología. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. La Habana, Cuba. 40 p.
- 10 Giné, A.; Bonfim, J.; González, C. and Sorribas, F. 2013. Suppressiveness of organic amendments to *Meloidogyne incognita* in tomato. *Agronomy*. 10(7):1013-1025. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy10071013>.
- 11 González-Mendoza, D.; Ceceña-Duran, C.; Grimaldo-Juárez, O.; Cervantes-Díaz, L.; Onecimo-Grimaldo, J. y Avilés-Marín, M. 2015. Influencia de la inoculación de micorrizas arbusculares y uso de vermicomposta en el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Idesia*. 33(3):19-24. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000300003>.
- 12 Hernández-Santiago, F. G.; Robles-Yerena, L. y Tortolero-Castañón, M. 2024. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y consorcios microbianos sobre el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. *Terra Latinoamericana*. 42:1-13. Doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1833>.
- 13 Hussey, R. S. and Barker, K. R. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*. 57:1025-1028.
- 14 Jaizme-Vega, M.; Rodríguez-Romero, A. y Barroso-Núñez, P. 2006. Efecto de la micorriza arbuscular y la adición de compost sobre el desarrollo de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) y su respuesta frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Revista de Protección Vegetal*. 21(1):47-54.
- 15 López-Gómez, M. J.; Verdejo-Lucas, S. and Sorribas, F. J. 2015. Efficacy of dry mycelium of *Penicillium chrysogenum* against *Meloidogyne incognita*. *Journal of Applied Microbiology*. 119(1):199-206. Doi: <https://doi.org/10.1111/jam.12822>.
- 16 Molinari, S. and Leonetti, P. 2022. Mechanisms of resistance to Root-Knot Nematodes in Tomato. In: *Sustainable Management of Nematodes in Agriculture*. Sustainability in Plant and Crop Protection. 17:157-190. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-09943-4_7.

- 17 Piliarová, M.; Bujdoš, M.; Henselová, M.; Ondrejovič, M. and Moravčíková, J. 2019. Interaction of Arbuscular Mycorrhizal Fungi with Heavy Metals and Their Role in Phytoremediation. *Nova Biotechnologica et Chimica*. 18(1):14-25. Doi: 10.2478/nbec-2019-0002.
- 18 R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- 19 Righini, H.; Baraldi, E.; García-Fernández, E.; Roberti, R. and Mari, M. 2016. In vitro activity of *Anabaena* sp. strain on soil-borne phytopathogenic fungi. *Phytopathologia Mediterranea*. 55(1):127-133. Doi: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-16362.
- 20 SIAP. 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- 21 StatSoft. 2011. STATISTICA (data analysis software system), version 10. <https://www.statsoft.de/en/home/>.
- 22 Tresierra-Aguilar, A.; García-Olivarez, N.; García-Hernández, J. L.; Sánchez-Chávez, E.; Troyo-Diéguez, E. y Murillo-Amador, B. 2018. Efecto de la inoculación de *Rhizophagus intraradices* en el crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo estrés salino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 50(2):63-75. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/RFCA/article/view/1572>.
- 23 Zaki, H.; Alatawi, A. and Al-Rajhi, A. 2024. Tomato plant growth, yield, and fruit quality as affected by arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) inoculation under greenhouse conditions. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 40:100529. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2024.100529>.



Rendimiento del tomate y resistencia a *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood mediante uso de micorrizas

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 November 2025
Date accepted: 01 January 2026
Publication date: 01 January 2026
Publication date: Jan-Feb 2026
Volume: 17
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3973
DOI: 10.29312/remexca.v17i1.3973
Publisher ID: 00008

Categories

Subject: Artículos

Palabras clave:

Palabras clave:

Solanum lycopersicum

Meloidogyne incognita

micorrizas

peso de frutos

Counts

Figures: 2

Tables: 3

Equations: 0

References: 23