

RESPUESTA A LA INOCULACIÓN DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN PLANTAS DE TOMATE^a

RESPONSE TO THE INOCULATION OF THREE STRAINS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN TOMATO PLANTS

YOERLANDY SANTANA-BAÑOS^{b*}, MICHEL RUIZ-SÁNCHEZ^c, EDENYS MIRANDA IZQUIERDO^b, CARISLEIDY HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ^b

Recibido para revisar 02-02-2024, aceptado 28-06-2024, versión final 30-06-2024.

Artículo de Investigación

RESUMEN: Los hongos micorrízicos arbusculares se han convertido en una solución prometedora y ambientalmente amigable para la agricultura sostenible. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta morfofisiológica de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. L-43) a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. El experimento se estableció sobre un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco réplicas. Los tratamientos incluyeron tres cepas de micorrizas: INCAM-2, INCAM-4 e INCAM-11, además de un control sin inoculación. Se analizaron las variables de crecimiento longitud y grosor del tallo, número de hojas, área foliar y la biomasa. También se estimó la colonización micorrízica en el sistema radical de las plantas. Las tres cepas de micorrizas favorecieron el crecimiento de las plantas de tomate, con un incremento de la biomasa fresca y seca total de más del 15% respecto al control. Sin embargo, puede ser superior en el sistema radical debido a una correlación positiva con la colonización micorrízica. Esta última excedió 35% en el sistema radical de las plantas, aunque su efecto sobre el crecimiento fue más evidente en las cepas INCAM-4 e INCAM-2. Los resultados sugieren la posibilidad de empelarlas como alternativas de biofertilización en este cultivar.

PALABRAS CLAVE: Crecimiento; biomasa; colonización micorrízica; *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT: Arbuscular mycorrhizal fungi have become a promising and environmentally friendly solution for sustainable agriculture. This research aimed to evaluate the morphophysiological response of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L. cv. L-43) to the inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi. The experiment was established on a completely randomized design with four treatments and five replications. The treatments included three mycorrhizal strains: INCAM-2, INCAM-4, and INCAM-11, in addition to a control without inoculation. The growth variables stem length and thickness, number of leaves, leaf area and biomass were analyzed. Mycorrhizal colonization in the root system of the plants was also estimated. The three mycorrhizal strains favored the growth of tomato plants, with an increase in total fresh and dry biomass by more than 15% compared to the control (without inoculation). However,

^aSantana-Baños, Y. Ruiz-Sánchez, M., Miranda Izquierdo, E. & Hernández Hernández, C. (2024). Respuesta a la inoculación de tres cepas de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de tomate. *Rev. Fac. Cienc.*, 13 (2), 117–127. DOI: <https://10.15446/rev.fac.cienc.v13n2.114283>

^bUniversidad de Pinar del Río “Hermandad Saíz Montes de Oca”, Departamento de Ciencias Agrícolas, Pinar del Río, Cuba.

* Autor para correspondencia: yoerlandy@upr.edu.cu, yoerlandy83@gmail.com

^cInstituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Unidad Científico-Tecnológica de Base ‘Los Palacios’, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

it may be superior in the root system due to a positive correlation with mycorrhizal colonization. The latter exceeded 35 % in the root system of the plants, although its effect on growth was more evident in the INCAM-4 and INCAM-2 strains. The results suggest the possibility of using them as biofertilization alternatives in this cultivar.

KEYWORDS: Growth, biomass; mycorrhizal colonization; *Solanum lycopersicum*.

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituye una de las hortalizas de mayor importancia mundial. Se consume en grandes cantidades debido a su valor comercial y propiedades nutricionales (Bayomi *et al.*, 2020). En Cuba, tiene una gran trascendencia social y su producción excede las 300 mil toneladas anuales, con un rendimiento agrícola promedio de 10,8 t/ha en las cosechas del periodo 2018 - 2022 (ONEI, 2023). Este valor no se corresponde con el potencial productivo de los cultivares comerciales utilizados en la actualidad.

En las condiciones locales de Pinar del Río, Cuba, la producción de tomate representa el 26,7 % del volumen total de la cosecha de hortalizas anualmente, aunque con un decrecimiento de más del 50 % en 2022 (ONEI, 2023). Para elevar la producción de este cultivo se requiere de nuevas alternativas que alivien el impacto ambiental en los agroecosistemas (Jerez-Mompie *et al.*, 2023). El uso de los microorganismos edáficos puede satisfacer las necesidades nutrimentales de los cultivos y permiten obtener adecuados niveles de rendimiento y calidad de los productos y posibilitan el ahorro parcial o total de los fertilizantes minerales. También incrementan los procesos biológicos en el suelo (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2023). Por ello, la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la agricultura se ha convertido en una solución prometedora y ambientalmente amigable para la agricultura sostenible, que ofrece una reducción de la dependencia de insumos químicos (Rivera *et al.*, 2020; Chafai *et al.*, 2023).

Estos favorecen el crecimiento y la tolerancia de las plantas a las condiciones de producción (Ruiz *et al.*, 2015; Castañeda *et al.*, 2020). Sin embargo, es necesario evaluar diferentes cepas de HMA con el fin de seleccionar la mejor respuesta en plantas, según el tipo de suelo, al aplicarlas (Rivera *et al.*, 2020).

El efecto de los HMA en el crecimiento vegetal está relacionado con cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos en las raíces que conducen a un mejor estado general de la planta. Producto de los múltiples beneficios que poseen, se incrementa paulatinamente su uso en la agricultura cubana (Pérez-Ortega *et al.*, 2022).

En este contexto, es necesario profundizar en la interacción de cultivares de tomate de reciente introducción con diferentes HMA, en condiciones locales de producción. Estos ensayos permiten una mejor selección de cepas con efectividad de la simbiosis micorrízica. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo, evaluar la respuesta morfofisiología a la inoculación de tres cepas de HMA en plantas de tomate del cultivar

L-43, establecidas en un suelo Fersialítico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material vegetal y condiciones experimentales

La investigación se desarrolló en condiciones experimentales de la Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”, Cuba (22° 24' 48.4" N y 83°41' 16.2" O). Se utilizaron semillas certificadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. L-43). El trasplante se realizó de forma manual, con plántulas obtenidas en bandejas. Estas se plantaron en macetas de 2,0 kg de capacidad y sustrato a base de suelo (70 %) Fersialítico (Hernández *et al.*, 2015) mezclado con materia orgánica (20 %) y cascarilla de arroz (10 %). El suelo presentó pH (H_2O) = 7,9, M.O. = 4,39 %, P₂O₅ = 157 cmol/kg, Ca = 9,5 y Mg = 3,5 (ppm). La esterilización del sustrato se realizó en una autoclave vertical (LDZX-50KAS) a 127°C y 1,2 atm de presión durante 30 min, cinco días antes del trasplante. Las variables climáticas se caracterizaron por temperaturas de 24,2 a 31,9°C, humedad relativa promedio de $73 \pm 4,1$ % y fotoperíodo de 14 horas de luz y 10 horas de oscuridad. Los valores de temperatura y humedad se registraron con una Mini Estación Meteorológica Lutron Lm 8000.

2.2. Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco réplicas. Los tratamientos incluyeron las cepas de HMA *Funneliformis mosseae* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schübler (INCAM-2), *Glomus cubense* (Y. Rodr. & Dalpé) (INCAM-4) y *Rhizophagus irregularis* (Blaszk, Wubet, Renker & Buscot) Walker & Shübler (INCAM-11), procedentes de la colección del Laboratorio de Micorizas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque (Cuba) y un control sin inoculación de HMA. La inoculación de las tres cepas de HMA se realizó a razón de 150 esporas/planta, en el momento del trasplante.

2.3. Variables de crecimiento evaluadas

Se midieron variables que caracterizan el crecimiento de las plantas como longitud y diámetro del tallo (cm), número de hojas (u), área foliar (cm²); estimada con un medidor portátil YMJ-B, biomasa fresca total (g) y biomasa seca total, foliar y radical (g). La longitud del tallo se midió con una regla graduada desde la base hasta la yema terminal. Esta variable se monitoreo cada cinco días a partir del trasplante hasta los 35 días para calcular el incremento absoluto de la longitud (cm) en cada intervalo de evaluación.

Posteriormente, se extrajeron las plantas para ejecutar las demás evaluaciones de crecimiento. El diámetro se midió con un pie de rey digital Pittsburgh® de precisión de 0,01 mm. La biomasa seca se obtuvo por gravimetría en una estufa (Boxun Drying Oven BGZ-146) a 70 °durante 48 h. Las muestras se pesaron en una balanza técnica Adventurer™ Pro (OHAUS®) de precisión 0,01 g.

2.4. Determinación de la colonización micorrízica

Se prepararon muestras de raíces correspondientes a cinco plantas/tratamiento que se secaron en estufa, a 70 °C durante 48 h, y se tiñeron con tinta al 5 % en ácido acético al 2 % (Rodríguez-Yon *et al.*, 2015). La frecuencia de colonización se estimó por el método de los interceptos (Giovannetti & Mosse, 1980).

2.5. Análisis estadístico de los resultados

Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. Se aplicó un análisis de varianza simple (ANOVA) y la prueba de Tukey para la comparación de medias, con un 95 % de confianza ($p \leq 0,05$). También se aplicó un análisis de componentes principales para valorar la asociación entre las variables analizadas. Se empleó el programa estadístico Minitab® 17.1.0 para Windows (Minitab, 2015).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Crecimiento y biomasa en plantas de tomate inoculadas con HMA

Los mayores incrementos de la longitud del tallo se alcanzaron entre los 10 y 15 días después del trasplante. En este intervalo, las plantas inoculadas con la cepa INCAM-4 aumentaron su longitud en más de 12 cm, superando a los demás tratamientos. La respuesta diferenciada entre las cepas de HMA y el control en el intervalo de 25 a 30 días indica que las plantas micorrizadas comienzan la reducción del crecimiento para iniciar la fase reproductiva (inicio de floración), mientras que en el control este cambio se observó en los cinco días posteriores (Figura 1). Este efecto sugiere una mayor capacidad en el sistema radical de las plantas para favorecer su crecimiento, debido a las bondades de las micorrizas en la nutrición vegetal. Se ha demostrado que la inoculación con estos hongos mejora el crecimiento de las plantas y aumenta la calidad en la absorción de los nutrientes (Schubert *et al.*, 2020).

Los valores de longitud del tallo a los 35 días del trasplante oscilaron entre 49,80 cm y 54,25 cm (Tabla 1), alcanzados en los tratamientos control e INCAM-4, respectivamente. Por tanto, *G. cubense* (INCAM-4) parece ser más efectiva para promover el crecimiento de las plantas de tomate cv. L-43, demostrando que los HMA contribuyen con la absorción de agua y nutrientes (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2021), y al mismo tiempo conducen a un mayor crecimiento de la planta, lo cual se traduce en un alargamiento celular asociado a la longitud del tallo. Estudios recientes con cepas de HMA indicaron incrementos significativos en la altura de las plantas de tomate cuando inocularon *G. cubense* (Vuelta-Lorenzo *et al.*, 2020; Gómez-Salazar *et al.*, 2022). Otros autores plantean que la aplicación de inoculantes micorrízicos provocan diferencias significativas respecto al control en las variables de crecimiento del tomate (Charles & Martín, 2015; Cabrera *et al.*, 2016).

El diámetro del tallo excedió los 0,65 cm y tuvo un incremento superior al 9 % cuando se inocularon de las cepas de HMA. También se alcanzaron valores similares en número de hojas/planta a los 35 días después del trasplante. Sin embargo, el área foliar de las plantas aumentó en más de un 15 % con la inoculación

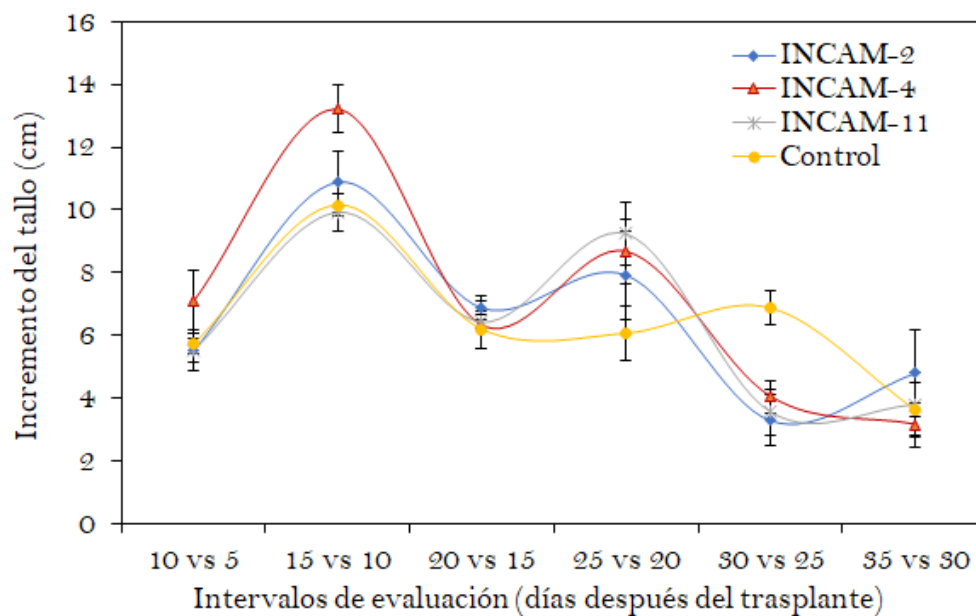


Figura 1: Efecto de las cepas de HMA en el incremento de la longitud del tallo de las plantas de tomate cv. L-43. Las barras sobre las líneas indican error estándar de la media ($n = 5$, $p \leq 0,05$). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1: Variaciones morfológicas en plantas de tomate inoculadas con cepas de micorrizas. LT = longitud del tallo, DT = diámetro del tallo, NH = número de hojas, AF = área foliar, ns = no significativo Fuente: Elaboración propia.

Tratamientos	LT (cm)	DT (cm)	NH (u)	AF (cm ²)
INCAM-2	50,60 b	0,73	11,00	1465,72 a
INCAM-4	54,25 a	0,77	11,50	1595,10 a
INCAM-11	49,80 b	0,74	10,20	1560,86 a
Control	50,25 b	0,68	12,50	1247,93 b
Error Estándar (\pm)	1,09	0,18ns	0,36ns	70,91

de las cepas de HMA, alcanzando valores promedio significativamente superiores a los del control (Tabla 1).

Estudios recientes informaron incrementos significativos del diámetro del tallo en plantas de tomate inoculadas con HMA (Reyes-Pérez *et al.*, 2020). El aumento del área foliar refleja uno de los efectos más conocidos que ejercen los HMA sobre las plantas a las que colonizan, el cual está relacionado con un incremento en la absorción y traslocación de elementos esenciales hacia la parte aérea de las plantas, lo que favorece su desarrollo (Vuelta-Lorenzo *et al.*, 2020; Jerez-Mompie *et al.*, 2023).

En la producción de biomasa se apreciaron incrementos significativos para la masa fresca total y los valores de masa seca total y radical (Tabla 2). Johana *et al.* (2024) también encontraron mayor producción de biomasa aérea y radical en los tratamientos micorrizados. Por su parte, Ley-Rivas *et al.* (2015) y Cabrera *et al.* (2016) informaron incrementos significativos en la biomasa seca aérea y radical, respectivamente. Rivera *et al.* (2015) plantean que, al integrar el biofertilizante EcoMic® a base de HMA en un adecuado manejo, se logran notables incrementos en la productividad de las plantas.

Tabla 2: Efecto de las cepas de HMA en la biomasa de las plantas de tomate cv. L-43. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($n = 5$, $p \leq 0,05$). Leyenda: ns = no significativo. Fuente: Elaboración propia.

Tratamientos	Masa fresca total (g)	Masa seca total (g)	Masa seca foliar (g)	Masa seca radical (g)
INCAM-2	61,61 a	9,02 a	8,02	0,99 a
INCAM-4	60,15 a	8,72 ab	7,78	0,94 a
INCAM-11	58,23 ab	8,18 ab	7,34	0,84 a
Control	49,37 b	7,11 b	6,52	0,59 b
Error Estándar (\pm)	1,50	0,29	0,26ns	0,04

3.2. Colonización micorrízica en las raíces de las plantas de tomate

Las tres cepas de HMA inoculadas demostraron capacidad para colonizar las raíces del cultivar de tomate L-43, sin diferencias significativas en los porcentajes de colonización entre ellas. Además, no se verificó colonización micorrízica en el control (Figura 2). Los valores de colonización alcanzaron índices superiores al 35%. Estos se corresponden con resultados recientes en tomate indican más de 50% de micorrización (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2021). Un factor determinante en la efectividad de la micorrización lo constituye el ambiente edáfico, fundamentalmente el pH. Sin embargo, el valor de pH (7,9) en el suelo utilizado pudo favorecerla colonización, pues las cepas de HMA *G. cubense* (INCAM-4) y *R. irregularis* (INCAM-11) presentaron buen comportamiento en un suelo con pH (H₂O) = 7,2 (Pérez-Ortega *et al.*, 2022).

Estudios recientes indican que *F. mosseae* puede colonizar ampliamente la raíz; sin embargo, una mayor colonización micorrízica resulta en una mayor inhibición del crecimiento de la planta (Chialva *et al.*, 2024).

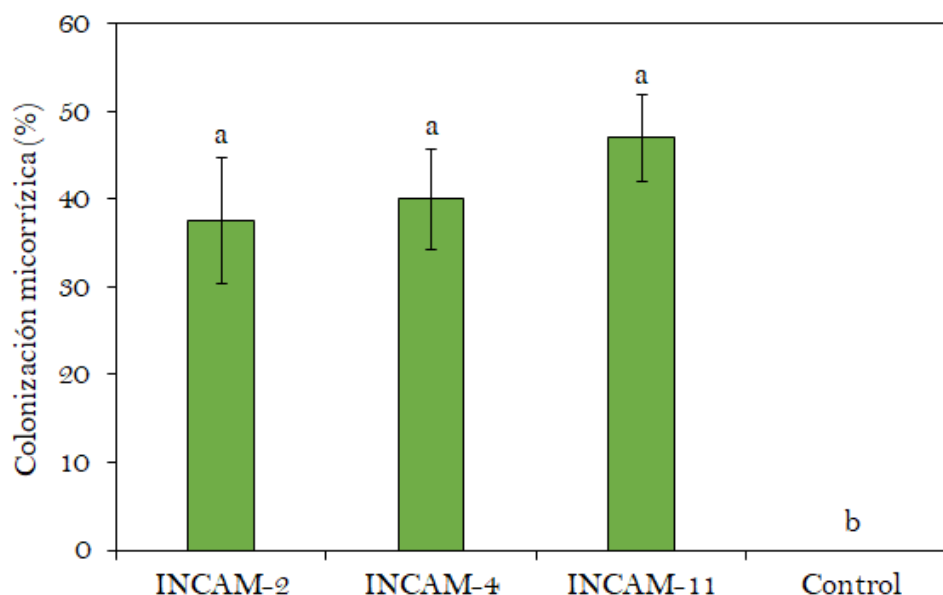


Figura 2: Porcentaje de colonización de las cepas de micorriza en el sistema radical de las plantas de tomate cv. L-43. Barras sobre las columnas indican \pm error estándar de la media ($n=5$). Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaboración propia

Esto podría explicar la respuesta diferenciada entre las cepas INCAM-2 (*F. mosseae*) e INCAM-4 en cuanto a la longitud del tallo (Tabla 1).

3.3. Análisis multivariante para la interacción micorriza - planta

El análisis de componentes principales arrojó dos nuevas variables que explican en su conjunto el 76,9% de la varianza de los resultados obtenidos (Tabla 3). La primera componente explicó más del 50% de la varianza de los resultados y estuvo determinada por las variables longitud del tallo, área foliar y biomasa fresca y seca totales. Sin embargo, para la segunda componente, las variables de mayor peso fueron masa seca radical y colonización micorrízica, evidenciándose que el incremento de la colonización micorrízica favoreció la biomasa seca radical.

Este resultado corrobora que la longitud del tallo, el área foliar y la biomasa de las plantas de tomate son variables que comúnmente expresan una estrecha relación (Juárez *et al.*, 2015), con la inoculación de HMA. También justifica que, los beneficios de la colonización micorrízica sobre el desarrollo vegetativo de las plantas de tomate cv. L-43, estuvieron asociado a la capacidad de las cepas de HMA para promover una mayor biomasa radical. Esto conduce a un mejor desarrollo y calidad nutricional del cultivo (Chafai *et al.*, 2023). Por tanto, la introducción de HMA en el cultivo del tomate puede ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas locales.

Tabla 3: Matriz de componentes principales para las variables analizadas. Método de extracción: Análisis de componentes principales; KMO= 0,79. Fuente: Elaboración propia

Variables originales	Componentes Principales	
	CP1	CP2
	Altura de la planta	0,853
Área foliar	0,789	-0,006
Masa fresca total	0,806	0,399
Masa seca total	0,870	0,368
Masa seca radical	0,472	0,691
Colonización micorrízica	-0,066	0,899
Autovalores	3,03	1,58
Varianza explicada (%)	50,52	26,35

4. CONCLUSIONES

Las tres cepas de HMA (INCAM-2, INCAM-4 e INCAM-11) favorecen el crecimiento vegetativo en las plantas del cultivar de tomate L-43, con incremento de la biomasa fresca y seca total en más del 15 % respecto al control; sin embargo, puede ser superior en el sistema radical debido a una correlación positiva con la colonización micorrízica. Esta última excede 35 % en el sistema radical de las plantas, aunque su efecto sobre el crecimiento es más evidente en las cepas INCAM-4 e INCAM-2. Los resultados sugieren la posibilidad de empelarlas como alternativas de biofertilización en tomate cv. L-43.

Agradecimientos

La investigación se desarrolló en el marco del Proyecto Sectorial “Fortalecimiento de capacidades para la generalización del biofertilizante EcoMic® y su interacción con otros bioproductos en la provincia Pinar del Río, Cuba”. Los autores agradecen la colaboración de Ing. Santiago E. Reyes, Ing. Armando Acosta y Dr.C. Eduardo Pérez Ortega.

Contribución de autores

Conceptualización: Yoerlandy Santana-Baños y Michel Ruiz-Sánchez.

Investigación: Yoerlandy Santana-Baños, Edenys Miranda Izquierdo, Carisleidy Hernández Hernández.

Metodología: Yoerlandy Santana-Baños y Michel Ruiz-Sánchez.

Supervisión: Edenys Miranda Izquierdo.

Curación de datos: Yoerlandy Santana-Baños y Carisleidy Hernández Hernández.
 Análisis formal: Yoerlandy Santana-Baños, Michel Ruiz-Sánchez y Edenys Miranda Izquierdo.
 Preparación del manuscrito original: Yoerlandy Santana-Baños.
 Revisión y edición del manuscrito: Yoerlandy Santana-Baños y Michel Ruiz-Sánchez.

Referencias

- Bayomi, K., Abdel-Baset, A., Nassar, S. M. A. & Al-Kady, A. (2020). Performance of some tomato genotypes under greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Desert Research*, 70(1), 1-10.
- Cabrera, Y.L., Miranda, E., Santana, Y. (2016). Efectividad y momentos de aplicación del biofertilizante EcoMic® en la producción de *Solanum lycopersicum* L. var. Mamonal 21. *Avances*, 18(1), 77-85.
- Castañeda, W., Toro, M., Solorzano, A. & Zúñiga-Dávila, D. (2020). Production and Nutritional Quality of Tomatoes (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) Are Improved in the Presence of Biochar and Inoculation with Arbuscular Mycorrhizae. *American Journal of Plant Sciences*, 11, 426-436.
- Chafai, W., Haddioui, K., Serghini-Caid, H., Labazi, H., AlZain, M. N., Noman, O., Parvez, M. K., Addi, M. & Khalid, A. (2023). Impact of Arbuscular mycorrhizal Fungal Strains Isolated from Soil on the Growth, Yield, and Fruit Quality of Tomato Plants under Different Fertilization Regimens. *Horticulturae*, 2023(9), 973.
- Charles, N. J. & Martín, N. J. (2015). Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 53-62.
- Chialva, M., Stelluti, S., Novero, M., Masson, S., Bonfante, P. & Lanfranco, L. (2024). Genetic and functional traits limit the success of colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in a tomato wild relative. *Plant Cell Environment*, 1-18.
- Giovannetti, M. & Mosse, B. (1980). An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *The New Phytologist*, 84(3), 489-500.
- Gómez-Salazar, A., López-Salvador, G., Jerez-Mompie, E., González-Cañizares, P., & Guerrero-Domínguez, L. (2022). Influencia de dos bioestimulantes en el crecimiento y desarrollo de plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 43(2), e07-e07.
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D. & Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. 93 p.
- Jerez-Mompie, E. I., Gómez-Salazar, A., López-Salvador, G. & González-Cañizares, P. J. (2023). Efecto de dos bioestimulantes en algunas variables del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L) cultivar Pony Express. *Cultivos Tropicales*, 44(2), e04.

- Johana, E. E., Karina, P. L. & Emilia, M. M. (2011). Efecto de la interacción de hongos micorrízicos arbusculares y *Pseudomonas fluorescens* sobre el desarrollo y la nutrición de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). *Revista Ciencia*, 15(1), 45-52.
- Juárez, A., de Alba, K., Zermeño, A., Ramírez, H. & Benavides, A. (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 943-954.
- Ley-Rivas, J. F., Sánchez, J. A., Ricardo, N. E. & Collazo, E. (2015). Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 47-59.
- Minitab. (2015). Minitab 17: gretting started with Minitab 17. Pennsylvania: Minitab Inc.
- ONEI (2023). Anuario Estadístico de Cuba 2022. Capítulo 9: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Edición 2023. República de Cuba. <http://www.onei.cu>
- Pérez-Ortega, E., Rivera-Espinosa, R. A., Saggin-Junior, O. J. & Fernández-Suárez, K. (2022). Efecto del pH en la bioprotección ejercida por algunas cepas de hongos micorrízicos arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 43(3), cu-id.
- Reyes-Pérez, J. J., Enríquez-Acosta, E. A., Ramírez-Arrebató, M. Á., Rodríguez-Pedroso, A. T. & Falcón-Rodríguez, A. (2020). Efecto de ácidos húmicos, micorrizas y quitosano en indicadores del crecimiento de dos cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). *Terra Latinoamericana*, 38(3), 653-666.
- Rivera, R., Fernández, F., Ruiz, L., González, P.J., Rodríguez, Y., Pérez, E., Ruiz-Sánchez, M., Hernández, A.F., Hernández, A., Plana, R.R., Ramírez, J.F., Bustamante, C., Espinosa, A., García, M., Terry, E., Joao, J.P., Pentón, G., Ojeda, L.J., Cabrera, A., Dell'Amico, J.M., Pérez, A., Calderón, A., Fundora, L.R., Corbera J., Martín, J.V., de Dios, J. & Lara, D. (2020). Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic en la producción agrícola. R. Rivera (ed), 151: Ediciones INCA, San José de las Lajas, Cuba.
- Rivera, R., González, P.J., Hernández- Jiménez, A., Martín, G., Ruíz, L. & Fernández, K. (2015). La importancia del ambiente edáfico y del pH sobre la efectividad y la recomendación de cepas eficientes de HMA para la inoculación de los cultivos. VIII Congreso de la Sociedad Cubana de Ciencia del Suelo, del 2 al 5 de junio. La Habana, Cuba.
- Rodríguez-Pérez, R., Muñoz-Hernández, Y., Díaz-López, G.S. & Ruiz-Sánchez, M. (2023). Aplicación del biofertilizante EcoMic® en el cultivo de la habichuela en dos sistemas de producción. *Cultivos Tropicales*, 44(2)
- Rodríguez-Yon, Y. R., Pérez, L. A., Carmona, A. M., Pérez, Y. M., García, L. R. M., Suárez, K. F. & Echevarría, A. M. (2015). Alternative staining technique to determine mycorrhizal colonization. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 18-21.

- Ruiz-Sánchez, M., Cabrera-Rodríguez, Juan Adriano, Dell'Amico-Rodríguez, José M., Muñoz-Hernández, Yaumara, Aroca-Álvarez, Ricardo, Ruiz-Lozano, Juan M. (2021). Categorization of the water status of rice inoculated with arbuscular mycorrhizae and with water deficit. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 339-355.
- Ruiz-Sánchez, M., Santana-Baños, Y., Muñoz, Y., Martínez, A. Y., Benítez, M., Bharat, B. V. & Peña, Y. (2015). Arbuscular mycorrhizal symbiosis in rice (*Oryza sativa L.*) plants in flooded and non-flooded conditions. *Acta Agronómica*, 64(3), 211-217.
- Schubert, R., Werner, S., Cirka, H., Rödel, P., Tandon, Y., Mock, H., Hutter, I., Kunze, G. & Hause, B. (2020). Effects of arbuscular mycorrhization on fruit quality in industrialized tomato production. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 7029.
- Tamayo-Aguilar, Y., Martín-Alonso, G., Herrera-Altuve, J. A., Cesar-Gainza, A., Abad-Michael, M., Nápoles-García, M. C., Rivera-Espinosa, R. & Juárez-López, P. (2021). Biofertilizantes en la sucesión *Canavalia ensiformis - Solanum lycopersicum*: Rendimiento y calidad en frutos de tomate. *Revista fitotecnica mexicana*, 44(3), 341-348.
- Vuelta-Lorenzo, D. R., Mas-Diego, S. M., Montero-Limonta, G. & Rizo-Mustelie, M. (2020). Efecto de ocho especies de hongos micorrízicos arbusculares sobre el manejo de nematodos en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en condiciones protegidas. *Ciencia en su PC*, 1(3), 108-124.