

EFFECTO AGRONÓMICO DE DOS CEPAS DE *GLOMUS* (*G. HOI-LIKE* Y *G. MOSSEAE*) EN TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) VAR. INIFAT- 28 CULTIVADO EN CONDICIONES DE ORGANOPONÍA

Alfredo Lino Brito, Noel Arozarena Daza, Reinier Pérez Coipel, Yoania Ríos Rocaful, Lissett Gutiérrez Hernández, Jesús Fernández Alonso, Hipólito Ramos Cordero y Sonia Álvarez Encinosa

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Calle 2 esquina a 1, Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba. CP 17 200.

RESUMEN

El experimento se desarrolló en áreas de producción perteneciente al organopónico del Palacio Central de Pioneros "Ernesto Che Guevara" del Parque Lenin. Se evaluó la respuesta de tomate, variedad INIFAT 28, a dos cepas de *Glomus* (*G. hoi-like* y *G. mosseae*) inoculadas sobre soporte sólido (1kg.m^{-2}), en el instante de preparar el sustrato para los cepellones. Al momento del trasplante, 25 días después de la germinación (ddg), se evaluó: altura (cm), largo de raíz (cm), diámetro del tallo (cm), área foliar (cm^2) y peso seco de posturas (g). Después del trasplante, se cuantificaron los días hasta la cosecha (ddg) y la altura semanalmente de las plantas hasta inicio de fructificación (cm). Durante la cosecha, se contaron los frutos por planta, se determinó el peso promedio de diez frutos/recogida (g) y se midieron los diámetros ecuatorial y polar de los mismos. También se calculó el rendimiento en kg.m^{-2} . Los datos se procesaron para cálculo de valor promedio y desviación estándar y análisis de regresión altura vs tiempo. Se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado, para la información obtenida de la fase de posturas y de bloques al azar, para la etapa de producción, en ambos casos para determinación de la mínima diferencia significativa (DSMn). Los resultados indicaron efectos positivos de los HMA con respecto al testigo sin su aplicación. Entre ambas cepas, la mejor respuesta vegetal correspondió a la *G hoi-like*. Los altos contenidos de portadores de materia orgánica no limitaron el efecto positivo de las cepas de *Glomus hoi-like* y *Glomus mosseae*, en el cultivo del tomate variedad INIFAT-28. Siendo la inoculación en fase de posturas del tomate INIFAT-28 con HMA, una garantía para lograr un manejo más eficiente de la nutrición en condiciones de organoponía.

Palabras claves: *Glomus*, tomate y organopónico

AGRONOMIC EFFECT OF TWO STRAINS OF *GLOMUS* (*G. HOI LIKE* AND *G. MOSSEA*) ON TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) VAR. INIFAT 28 GROWN IN ORGANOPONIC CONDITIONS

ABSTRACT

The experiment was developed in the production areas of the organoponic located in the Pioneers Palace "Ernesto Che Guevara". Two strains of *Glomus* (*G. hoi-like* y *G. mosseae*) were inoculated over solid bracket (kg. m^{-2}) at the time of preparing the mixture of the container, and the response of tomato (cv INFAT – 28) was evaluated. Stem height (cm), root length (cm), stem diameter (cm), leaf area (cm^2) and plant dry weigh (g) were determined at the time of transplanting and 25 days after seed germination. Days to harvest after transplanting (ddg) and the weekly plant height to the start of fruiting (cm) were also evaluated. The number of fruits per plant, the average weight of ten fruits per harvest (g), and the equatorial and polar diameter of fruit (cm) were determined during harvest. Yield (expressed as kg. m^{-2}) was also evaluated. Data

were compared by analysis of variance and the Less Significant Deference (LSD). Results indicate the positive effect of HAF on the variables evaluated. The best response was found for the application of *G. hoi-like*. The high levels of organic matter do not affected the positive effect of *Glomus hoi-like* and *Glomus mosseae* strains in tomato cultivar INIFAT-28. The inoculation with HMA at the posture stage is a guarantee for an efficient nutrition management under organoponic conditions.

Key words: *Glomus*, tomato and organoponic.

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) constituyen un grupo ampliamente estudiado, por los beneficios nutricionales que le aportan a las plantas; además la mayoría de las especies de cultivo son susceptible a la micorrización, lo que demuestra la importancia de la simbiosis en el desarrollo vegetal, (Rodríguez, 2005 y de la Noval, 2007).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una especie con alto valor comercial y alimentario, cuya producción en condiciones de organoponía, todavía no alcanza niveles que se correspondan con la preferencia de que goza la hortaliza entre los consumidores, (Arozarena *et al.* 2008).

La variedad de tomate INIFAT-28, patrocinada por el INIFAT es de uso común en los sistemas productivos de la agricultura urbana, por sus características organolépticas y de manejo; no obstante, el hecho de ser en sí misma un resultado del paradigma de la llamada Revolución Verde, la hace dependiente del empleo de fertilización mineral, para la expresión de su potencial de rendimiento.

En la organoponía se prescinde, de la utilización de fertilizantes minerales, por lo que el uso de microorganismos con efecto biofertilizante cobra gran importancia, como vía de optimización de la nutrición vegetal, (Lino *et al.* 2005).

Otras investigaciones precedentes muestran la dependencia de las cepas de *Glomus*, en cuanto a ambiente edáfico y especificidad entre el cultivo y la cepa (Rivera, *et al.* 2007 y Mujica y Medina, 2008). No se encontraron referencias respecto a investigaciones relacionadas con el comportamiento de estos microorganismos en ambientes con alto contenido de materia orgánica, semejantes a las condiciones urbanas de producción.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el comportamiento de dos cepas de *Glomus*: *G. hoi-like* y *G. mosseae*, como vía de optimización de la nutrición vegetal en el cultivo del tomate, así como fijar pautas sobre la utilización de la mejor variante en los sistemas urbanos de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se ejecutó en áreas de producción pertenecientes al organopónico del Palacio Central de Pioneros "Ernesto Che Guevara", del Parque Lenin. Se evaluó el efecto de la aplicación de dos cepas de *Glomus*: *G. hoi-like* y *G. mosseae*, en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L) variedad INIFAT-28, cultivado durante dos campañas (2008.2009), en la época óptima de siembra y el sustrato de los canteros se preparó y manejó, de acuerdo con las especificaciones del Colectivo de autores del Grupo Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana, (2007). Los tratamientos estudiados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Esquema de tratamientos.

Tratamientos	Leyenda
1	Testigo
2	Aplicación de <i>G. hoy-like</i>
3	Aplicación de <i>G. Mosseae</i>

La aplicación de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se realizó mediante inoculante sólido, en dosis de 1,30 g/alveolo en bandeja estándar de 247 plazas, antes de la siembra. Al momento del trasplante, correspondiente a los 25 días después de la germinación (ddg), se evaluó la altura de las plántulas (cm), la longitud de la raíz (cm), el diámetro del tallo (cm), el área foliar (cm²) y el peso seco de posturas (g).

Cada variante se distribuyó en dos bandejas de 247 alveolos. Para la evaluación de las posturas se conformaron cuatro réplicas de diez plantas cada una, tomadas al azar de las bandejas de cada variante experimental. Para el trasplante, se conformaron cuatro réplicas de 6.0 m² tratamiento, que se distribuyeron en canteros de organopónico con 24.00 m² de espacio cultivable.

Después del trasplante se contaron los días hasta la cosecha (ddg) y semanalmente se midió la altura de las plantas hasta inicio de fructificación (cm). En la etapa de la cosecha, se cuantificaron los frutos por planta, se determinó el peso promedio de diez frutos por recogida y se midieron los diámetros ecuatorial y polar de los mismos; también se calculó el rendimiento en kg.m⁻².

El diseño empleado para la etapa de posturas fue totalmente aleatorizado, mientras que para la etapa de producción, en el organopónico, se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado. En ambos casos se contó con 4 réplicas por tratamientos. Se realizó el análisis estadístico de los datos y se determinó de la mínima diferencia significativa (DSMn), de acuerdo con Little y Jackson (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presentan los resultados de la etapa de posturas, con la respuesta obtenida a la biofertilización con cepas de *Glomus*.

Es evidente, que la micorrización ejerció un efecto positivo en el desarrollo de las posturas, lo que sugiere la posible respuesta positiva de la variedad, a la alternativa de carácter agroecológico. Llama la atención sobre las posibilidades que la etapa de producción de posturas ofrece para la optimización del manejo de las especies cultivadas, en la tecnología.

Este resultado difiere de lo referido por Dodd (1996), que señalan que la duración del proceso de establecimiento de la interacción entre los simbioses supera prácticamente a la del proceso de producción de posturas, lo que explica la falta de respuesta en esa etapa.

No obstante, Alfonso y Monedero (2004) reportan una respuesta favorable a la aplicación de HMA en fase de producción de plántulas de tomate como expresión de una posible ocurrencia de una inducción enzimática temprana, aunque aún no definida por estos. Sin embargo Terry (2005) refiere que esta respuesta puede estar dada por el suministro simultáneo de nitrógeno con el HMA en la etapa de posturas.

Por otra parte, Barea, (2011) lo considera un diálogo molecular que se establece tempranamente a nivel de rizosfera, entre las raíces de las planta y las esporas del hongo, donde la planta exuda una serie de metabolitos de tipo flavonoides, fenolicos y estrigolactonas, implicados en la señalización pre-simbiótica; mientras que el hongo induce en la planta genes específicos para la simbiosis HMA/planta, siendo un criterio de este autor la importancia de la inoculación temprana de estos hongos en los cultivos.

En la Tabla 2, la riqueza nutrimental del humus de lombriz empleado en la elaboración del sustrato para los cepellones —50 % de un portador de materia orgánica, 25 % de humus de lombriz y 25 % de cascarilla de arroz— puede ser la causa de la respuesta inducida por las cepas de *Glomus*. Tal interpretación también es válida para la falta de significación estadística de la variable peso seco, aunque la tendencia es similar a la que se encontró para el resto de los indicadores —altura, longitud de raíz, diámetro del tallo y área foliar—, otro elemento a considerar en la falta de significación de la variable peso seco es su dependencia, de la producción de asimilados por la fotosíntesis y su posterior acumulación, la cual esta

condicionada entre otros factores por el tiempo de desarrollo en que se cumple la fase del cultivo

Tabla 2. Efecto de los HMA sobre el desarrollo vegetativo de las posturas de tomate (var. INIFAT 28) a los 25 ddg. Letras diferentes indican diferencias para $p < 0.05$ (*) y para $p < 0.01$ (), con $n = 4$.**

Tratamientos	Altura (cm)	Longitud de raíz (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Área Foliar (cm ²)	Peso Seco total (g)
Testigo	12.28 ^c	5.64 ^b	3.06 ^c	11.30 ^c	0.48
Aplicación de <i>G. hoi-like</i>	16.59 ^a	7.76 ^a	4.45 ^a	26.43 ^a	0.62
Aplicación de <i>G. Mosseae</i>	14.72 ^b	6.59 ^{ab}	4.05 ^b	19.27 ^b	0.58
DSMn	1.0456 ^{**}	1.6607 [*]	0.2978 ^{**}	5.4688 ^{**}	n. s.

En la Tabla 3, la información referente al análisis de regresión entre la altura y el tiempo, así como los días al inicio de cosecha.

Se observa que en los tratamientos en que se aplicaron HMA, sobre todo en el correspondiente a *G. hoi-like*, las tasas de crecimiento diario de la altura (coeficiente de regresión (b)) son superiores a la del testigo, lo que se relaciona con la entrada antes a cosecha de los mismos.

Si se toma en cuenta que en organoponía, el abasto nutrimental del sustrato depende sólo del aporte neto de cada uno de sus componentes, se puede entender que en la tendencia de los resultados ha influido la mayor exploración y extracción de nutrientes que la simbiosis HMA/planta hace posible. Esto permite la estimulación del desarrollo radical a que da lugar de acuerdo con los criterios de Khan, Zaidi y Wani (2007) y Martín (2010). Arozarena *et al.*, (2009) que encontraron similar respuesta para especies cultivadas en organoponía semiprotegida, respecto al manejo nutrimental de los sustratos.

Tabla 3. Altura de las plantas (cm; media \pm s), al inicio de la fructificación (60 ddg) y análisis de regresión lineal Altura vs. Tiempo. Días al inicio de cosecha (ddg), para un nivel de significación de $p < 0.01$ () y $n = 4$.**

Tratamientos	Altura (cm)	Análisis de regresión lineal		ddg
		b	R ²	
Testigo	50.20 \pm 7.51	1.15	0.944 ^{**}	88
Aplicación de <i>G. hoi-like</i>	70.10 \pm 7.09	1.62	0.931 ^{**}	80
Aplicación de <i>G. Mosseae</i>	58.70 \pm 5.02	1.33	0.928 ^{**}	85

El rendimiento y algunos de sus componentes, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

Esta tendencia que también se expresó en las variables frutos/planta y rendimiento agrícola indica lo conveniente que resultaría para la agrotecnología organopónica el estudio y la definición de normas de manejo nutrimental que sin apartarla de las concepciones agroecológicas que la sustentan, según el Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida, (2007), tributen a la mayor expresión del potencial de rendimiento de las especies cultivadas. La información ofrecida por Lino *et al.* (2008) sobre manejo nutrimental con empleo simultáneo de alternativas diversas constituye una referencia adecuada a esa demanda.

De acuerdo con los criterios de Bonfante-Fassolo y Perotto (1995), el momento de simbiosis plena entre el hongo y las plantas, coincide con la etapa de campo. Por lo que es en esta etapa donde hay una explosión del crecimiento y desarrollo del vegetal, debido al aumento del

volumen radical y a una mayor capacidad y eficiencia en la absorción, inducidos por el hongo en las raíces colonizadas, a la vez que se establecen relaciones fisiológicas positivas entre la planta hospedera y el endófito.

La mayor eficiencia en cuanto al efecto agronómico de la cepa *G. hoi-like*, ha sido también reportada por Rivera *et al.*, (1997) y Rodríguez (2003), en estudios comparativos de cepas de *G. fasciculatum* y *G. clarum* —actualmente *G. hoi-like* y *G. mosseae* en igual orden, según Rodríguez, van Tuinen y Fernández (2009)—, en sustratos para posturas de café y tomate, respectivamente.

Aunque la información acerca del efecto de la materia orgánica sobre los HMA es limitada, algunos investigadores como Rodríguez *et al.* (2002) y Calderón, (2004) han informado que ésta constituye un elemento importante a considerar en la efectividad de los HMA, además de contribuir con la fertilidad y propiedades físicas de suelos y sustratos.

Otro elemento a tener en cuenta en la simbiosis HMA/planta es la especificidad funcional, tipo de microorganismo y especie de cultivo, Barea, (2011). En nuestro estudio se encontró que la variedad de tomate INIFAT-28, tuvo un mejor comportamiento con la cepa *G. hoi-like*, lo que coincide con lo reportado por Rodríguez (2003), Rivera *et al.* (2007) y Mujica y Medina (2008), donde esta misma cepa presenta mayor afinidad en el cultivo del tomate, específicamente en la variedad de tomate "Amalia".

El diámetro, como indicador morfológico de la variedad, no se modificó significativamente ($p < 0.05$) como resultado de la biofertilización, aunque puede decirse que los mayores valores en cualquier caso se obtuvieron en las variantes micorrizadas. Esta respuesta supone estabilidad del genotipo estudiado. No obstante, el mayor peso de frutos, sí se asoció a la aplicación de HMA, lo que guarda relación con la explicación asumida en la Tabla 3, respecto a los efectos fisiológicos de una mayor absorción de nutrientes, por parte de las plantas biofertilizadas

Tabla 4. Evaluación de indicadores del rendimiento en plantas de tomate inoculadas con HMA. Peso promedio de frutos (g), diámetro polar y ecuatorial (cm) de los frutos, frutos/planta y rendimiento agrícola ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Letras diferentes indican diferencias para $p < 0.05$ (*) y para $p < 0.01$ (), con $n = 4$.**

Tratamientos	Peso (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Frutos/ planta	Rendimiento agrícola ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)
Testigo	60.67 ^b	4.05	5.59	5.17 ^c	2.07 ^c
Aplicación de <i>G. hoi-like</i>	83.06 ^a	4.32	6.03	8.01 ^a	4.13 ^a
Aplicación de <i>G. Mosseae</i>	80.60 ^a	4.31	5.88	7.17 ^b	3.46 ^b
DSMn	14.6404 [*]	n.s.	n.s.	0.7404 ^{**}	0.2741 ^{**}

CONCLUSIONES

La inoculación en fase de posturas del tomate INIFAT-28 con HMA, constituye una garantía para lograr un manejo más eficiente de la nutrición en condiciones de organoponía.

Las condiciones actuales de manejo nutricional en la agrotecnología, no permiten la expresión del máximo potencial de rendimiento del tomate INIFAT 28.

Los altos contenidos de portadores de materia orgánica no limitaron el efecto positivo de las cepas de *Glomus hoi-like* y *Glomus mosseae*, en el cultivo del tomate variedad INIFAT-28.

La mayor especificidad funcional encontrada entre las cepas de *Glomus* y la variedad de tomate INIFAT-28, fue con la asociación de la cepa *G. hoi-like*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, C. A. y Milagros Monedero. Uso, manejo y conservación de los suelos. --La Habana: ACTAF, 2004.
- Arozarena, N. J.; Lino, A.; Sánchez, D.; Castellano, J.J.; Álvarez, S.; Croche, G.; Fernández, J.; Ramos, H.; Creagh, B.; Socas, U.; Meléndez, O. y Pérez, D. Manejo agrotécnico de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) en condiciones de organoponía semiprotegida. En: Congreso Científico del INCA (16:2008, nov. 24-28, La Habana). *Memorias*. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2008. ISBN 978-959-16-0953-3.
- Arozarena, N. J.; Lino, A.; Sánchez, D.; Castellano, J.J.; Álvarez, S.; Croche, G.; Fernández, J.; Ramos, H.; Creagh, B.; Socas, U.; Meléndez, O. Sobre el cultivo de especies hortícolas en organoponía semiprotegida: densidad de siembra y manejo nutrimental En: Jornada Científica del INIFAT “105 Aniversario de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas” (XII: 2009, abril 1 al 3, La Habana). *Memorias*. CD-ROM. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, 2009. ISBN 978-959-282-086-9.
- Barea, J., M. Red Temática: Manejo de la Simbiosis Micorrízica en Agrosistemas. En: conferencias impartidas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, septiembre, 2011.
- Bonfante-Fassolo, P y Perotto, S. Strategies of arbuscular mycorrhizal fungí when infecting host plants. *New Phytology*. 130, 3-12, p., 1995.
- Calderón, A. Estudio de Sustratos y Micorrizas Arbusculares en la Adaptación de Vitroplantas de Banano (*Musa* sp). Tesis presentada en opción al Título Académico de Maestro en Ciencias en Nutrición y Biofertilizantes, La Habana, 2004.
- De la Noval, B. “Estudio de la participación de las micorrizas arbusculares y la sistemina en la Inducción de respuestas de defensa contra patógenos en tomate. Estudio molecular”, En: Informe Final Proyecto de Innovación Tecnológica. MES Código: 6.134, INCA, La Habana, 2007.
- Dodd, J. Inter and intraespecific variations within the morphologically-similar Arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mosseae* and *Glomus coronatum*. *New Phytologist*, . 133, 113-122, p., 1996.
- Grupo Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida --La Habana: ACTAF/INIFAT, 2007.
- Khan, M. S.; A. Zaidi and P. A. Wani Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture: A review *Agronomy Sustainable Development* 27: 29-43, 2007.
- Lino, A.; Arozarena, N., J.; Álvarez, S.; Croche, G.; Fernández, J.; Ramos, H. Propuesta de manejo nutrimental para la producción orgánica de posturas de papaya (*Carica papaya*, L.) variedad 'MARADOL ROJA'. En: *Agrotecnia de Cuba*, 32, (2), 32-39, p 2008.

- Lino, A.; Arozarena, N. J.; Dibut, B.; Ríos, Y.; Croche, G.; Ortega, M.; y Fey, L. Cultivo Asociado de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) con quimbombó (*Abelmoschus esculentus*) respuesta a la biofertilización. En: Agrotecnia de Cuba, (29), número especial, 471-482, p., 2005.
- Little, T y F. M. Jackson. Métodos estadísticos aplicados a la agricultura. México. D.F Editorial Trillos. 1985.
- Martín-Alonso, G. Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, la *Canavalia ensiformis* (L) De Candolle y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays* L) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. --La Habana: INCA (MES), 2010.
- Mujica, Y. y Medina, N. Respuesta del Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la Formulación Líquida de Cuatro Cepas de *Glomus* en Condiciones de Campo. Cultivos Tropicales, 29, (3), 23-25, p., 2008.
- Rivera, R.; F., Fernández; L., Ruiz; C., Sánchez; A., Hernández; K., Fernández y R., Plana Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis. En: Mycorrhizae in Crop Production. New York, 151-188, p., 2007.
- Rivera, R.; C., González; R., Cupull; R., Herrera y M., Varela. Efecto de la Inoculación con Hongos Micorrizógenos VA y Bacterias Rizosféricas sobre el Crecimiento de las Posturas de Cafeto. Cultivos Tropicales., 18(3), 15-23, p., 1997.
- Rodríguez, Y.; E., Pérez; E., Solórzano; A. R., Meneses y F., Fernández. Determinación de contenidos de materia orgánica en sustratos con diferentes portadores para los cultivos de tomate y pepino en la fase de posturas en cepellón. INCA, XIII Congreso. INCA, Libro Resumen. 2002.
- Rodríguez, Y. Aspectos Relacionados con las Bases Bioquímicas de la Simbiosis Micorrízica Arbuscular, *Cultivos Tropicales*, 26 (1), 11-19, p., 2005.
- Rodríguez, Y. Caracterización Bioquímica de la Interacción entre Hongos Micorrízicos Arbusculares y Plántulas de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill Var. "AMALIA"). Tesis presentada en opción al Título Académico de Maestro en Ciencias de Biología Vegetal Mención: Biotecnología, Ciudad de la Habana, 2003.
- Rodríguez, Y., Van Tuinen, D. y Fernández, K. Reclasificación Taxonómica de dos Cepas de Hongos Micorrízicos Arbusculares. *Cultivos Tropicales.*, 30(1) ,31-35, p., 2009.
- Terry, E. Microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativas para la producción ecológica de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill var. *Amalia*). Tesis en Opción al Grado de Doctor en Ciencia Agrícolas. --La Habana/INCA, 2005.