



EFECTO A LA BIOFERTILIZACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN EL CULTIVO DEL TOMATE EN CONDICIONES DE ESTRÉS ABIÓTICO

Biofertilization response arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on tomato crop in abiotic stress conditions

Yonaisy Mujica Pérez[✉] y Agustín G. Fuentes Martínez

ABSTRACT. In order to evaluate biofertilization effect with arbuscular mycorrhizal fungi on tomato crop (*Solanum lycopersicum* L. cultivar Amalia) against abiotic stress, this research was developed on local farm production for two consecutive years (2010 and 2011). Tomato crop was established in non-optimal season (April-July) for growth and development. *Glomus cubense* was used which were obtained solid and liquid inoculants. Inoculation was performed on seedling stage at 2 grams.plant⁻¹ (solid inoculum) and 2 mL.plant⁻¹ (liquid inoculum), averaging 40 spores.plant⁻¹ in both cases. Plant height (cm), flower number, fruit number and yield (t.ha⁻¹) were studied as response variables. Fictible crop yield was obtained depending season, which allows the AMF use in solid and liquid formulation, benefiting farmers to planting out season.

RESUMEN. Con la finalidad de evaluar el efecto de la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L. cultivar Amalia) frente a estrés abiótico, se desarrolló esta investigación en una finca de producción local del municipio de San Antonio de las Vegas durante dos años consecutivos (2010 y 2011). El cultivo del tomate se estableció en un período no óptimo (abril-julio) para su crecimiento y desarrollo. Se utilizó la especie *Glomus cubense* a partir de la cual se obtuvieron los inoculantes sólidos y líquidos. La inoculación se realizó en la etapa de semillero a razón de 2 gramos.planta⁻¹ (inóculo sólido) y 2 mL.planta⁻¹ (inóculo líquido), con promedio de 40 esporas.planta⁻¹ en ambos casos. Se estudiaron variables de respuesta como: altura de la planta (cm), número de flores, número de frutos y rendimiento (t.ha⁻¹). Se encontró una respuesta positiva del cultivo del tomate para ambas formas de inoculación de HMA. Se obtuvo un rendimiento favorable del cultivo en función de la época establecida, lo que permite comprobar que la utilización de los HMA en formulación sólida y líquida, beneficiando a productores su siembra fuera de época.

Key words: interaction tomato- mycorrhizal, inoculation, non-optimal period

Palabras clave: interacción tomate-micorrizas, inoculación, período no óptimo

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se considera la hortaliza que más se cultiva en el mundo seguido por el cultivo de la papa. Cada año se producen más de 100 millones de toneladas con un rendimiento promedio de 28 t.ha⁻¹. En Cuba, representa alrededor del 40 % de la superficie y dentro de la producción total de hortalizas ocupa el primer lugar; además del consumo en fresco por

la población, gran parte de la producción se destina al procesamiento industrial (1).

La necesidad de producir tomate durante todo el año se incrementó en las últimas décadas del siglo pasado, lo que condujo al desarrollo de investigaciones dirigidas a introducir cultivares con cierta adaptabilidad a las condiciones de la campaña primavera-verano. En los países de la región tropical existe una influencia negativa de las altas temperaturas y la radiación solar sobre la fructificación del cultivo, lo que conduce a una disminución en los rendimientos en las siembras efectuadas durante este período (2).

Unido a la obtención de nuevas líneas adaptadas a condiciones no idóneas para el cultivo, se aplican exitosamente biofertilizantes de producción nacional en

M.Sc. Yonaisy Mujica Pérez, Investigador Aspirante del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas; Agustín G. Fuentes Martínez, Productor Independiente, Finca Menocal, San Antonio de las Vegas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700.

✉ ymujica@inca.edu.cu

la explotación hortícola (1), destacándose la simbiosis que se establece entre las plantas y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en diferentes ecosistemas agrícolas y naturales (3).

La utilización de estos microorganismos resulta factible para cualquier sistema de producción agrícola debido a las funciones que realizan una vez que se asocian con las plantas; entre ellas encontramos: incremento en la absorción de nutrientes minerales y agua a partir de un aumento en el volumen de suelo explorado, mayor resistencia a las toxinas, incremento de la traslocación y solubilización de elementos esenciales, protección contra patógenos radicales y el aumento de la tolerancia ante condiciones abióticas adversas (sequía, salinidad, etc.)(3).

Atendiendo a los criterios anteriormente expuestos, en la década de los 90, el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) inició un amplio programa de investigaciones básicas con estos simbiosis y como resultado se obtuvo un biofertilizante de formulación sólida registrado como EcoMic[®], con alto grado de pureza y estabilidad biológica, con el cual se ejecutaron estudios que mostraron resultados satisfactorios en raíces tubérculos* y trigo (4).

Tomando como punto de partida la efectividad mostrada por este inoculante sólido, a partir del año 2000 se inician nuevos estudios, pero esta vez con el propósito de formular un nuevo producto a partir de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en soporte líquido, con la finalidad de diversificar las vías de inoculación de estos simbiosis garantizando aplicaciones por la vía del fertirriego y además permite reutilizar la arcilla empleada en el proceso de reproducción de los propágulos. Recientemente se han encontrado resultados promisorios con la utilización de los HMA en formulación líquida para el cultivo del tomate (5).

Ante estrés abiótico (sequía, altas temperaturas y salinidad) se plantea que los HMA tienen un efecto sobre las relaciones hídricas de la planta, modificando su conductividad estomática, su tasa fotosintética y su transpiración; mientras que en el suelo, los exudados fúngicos promueven la cohesión entre sus partículas e incrementan la retención de agua (6).

* Marrero, Y. J. y Rivera, R. A. Efecto de frecuencias de inoculación micorrízica y el laboreo sobre una secuencia de cultivos en un suelo Pardo Mullido carbonatado. [Tesis de Maestría]. INCA. 2010. 77 p.

Con todos estos criterios descritos el objetivo de esta investigación fue comprobar la eficiencia de dos inoculantes a base de HMA (sólido y líquido) para el cultivo del tomate bajo condiciones de producción establecido en período no óptimo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica. Los experimentos se desarrollaron en la Finca Menocal ubicada en la localidad de igual nombre en el municipio de San Antonio de las Vegas, provincia Mayabeque a 300 metros sobre el nivel del mar.

Material vegetal. Se utilizó el tomate (*Solanum lycopersicum* L. cultivar Amalia) como cultivo modelo con un 96 % de germinación, cuyas semillas fueron obtenidas en el departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal del INCA (7) y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 10 % por 10 minutos (8). Pasado este tiempo se decantó la solución, se lavaron tres veces con agua destilada y fueron sembradas en bandejas cubanas (2,9x2,9x6,5) a razón de dos semillas por alveolo (9). Posteriormente se realizó un raleo y se dejó una sola planta. El cultivo creció bajo condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, así como fotoperíodo natural por 25 días. El sustrato que se empleó para el semillero estuvo compuesto por una mezcla de suelo, materia orgánica y paja de arroz (2:1:1), cuyas propiedades químicas se muestran en la Tabla I.

Condiciones experimentales: Los experimentos se desarrollaron sobre un suelo Hidromórfico Gley Vértico Carbonatado (10), cuyas propiedades químicas se presentan en la Tabla I (semillero y trasplante).

INOCULANTES MICORRIZÓGENOS

Se estudió la especie de hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Glomus cubense* (Y. Rodr. & Y. Dlapé), identificada por Rodríguez *et al.* (13), la que se reprodujo en el cepario de micorrizas arbusculares del INCA y fue inoculada por dos vías diferentes: la primera mediante el inoculante sólido EcoMic[®] (2 g.planta⁻¹) con un promedio de 20 esporas.gramo⁻¹ y la segunda con el inoculante líquido LicoMic[®] (2 mL por planta) con 20 esporas como promedio.mL⁻¹. El inoculante sólido se aplicó con la tecnología de recubrimiento de las semillas (14), mientras que el líquido se adicionó planta a planta.

Tabla I. Principales características del suelo utilizado en la investigación

Variabes	pH	MO (%)	P (mg.kg ⁻¹)	Ca	Mg (cmol.kg ⁻¹)	K	Na	Suma de bases	Esporas HMA/50g
Semillero ¹	8,5	6,44	17	12,5	3,7	0,48	0,19	12,87	3
Trasplante ²	8,2	4,90	49	21,4	8,7	0,61	0,35	27,06	16

¹: Mezcla de suelo, materia orgánica y paja de arroz (2:1:1) ²: Muestra del área de trasplante a la profundidad de 0-20 cm Determinaciones: pH al H₂O, Potenciómetro; Materia Orgánica (MO), Walkley Black; Fósforo (P), Oniani; Cationes, Ca, Mg, Na y K, Método de Maslova; extracción de esporas de HMA (11) con la técnica modificada (12)

En ambos casos la inoculación se realizó durante la etapa de semillero a los siete días después de la germinación (ddg) del cultivo.

DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS Y EVALUACIONES

Los experimentos se ejecutaron durante dos años consecutivos (2010-2011) durante los meses de abril-julio, en condiciones no óptimas para el cultivo del tomate y con baja disponibilidad de insumos. Durante la etapa de investigación se registraron los valores promedio de temperatura, humedad relativa y precipitaciones en la Estación Meteorológica de San Antonio de las Vegas.

Se aplicó fertilizante mineral (NPK de la fórmula completa 9-13-17) en un 50 % según la dosis requerida para el cultivo y se fraccionó en dos momentos: en el trasplante y un mes posterior al mismo. Las atenciones culturales fueron realizadas manualmente por los obreros de la finca y el riego se correspondió con el agua de lluvia del período.

Se siguió un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos: un testigo sin inocular, otro inoculado con el biofertilizante EcoMic® y por último el inóculo con LicoMic®. El marco de plantación fue de 1,40 m x 0,25 m, donde cada tratamiento constó de siete surcos con 60 plantas cada uno, para un total de 21 surcos evaluados. Para las determinaciones se evaluaron 15 plantas por tratamiento en dos momentos importantes para el cultivo: inicios de la floración y cosecha del cultivo (se eliminaron dos surcos de cada tratamiento como área de borde).

Las variables evaluadas fueron:

Parámetros fúngicos (floración): Para la estimación de los indicadores fúngicos las raicillas fueron secadas a 70°C y teñidas (15). Se determinó la frecuencia de colonización micorrízica por el método de los interceptos (16) y la intensidad de la colonización (17).

Índices del crecimiento de las plantas (floración): Se determinó la altura de la planta y el número de flores. Para la determinación de la masa seca de las raíces y foliares las muestras permanecieron en la estufa a 70°C hasta obtener peso constante.

Rendimiento agrícola y componentes: Se determinó el número de frutos por planta y el rendimiento del cultivo ($t \cdot ha^{-1}$) al finalizar los experimentos, tomando cuatro cosechas del cultivo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados mediante el *software* STATGRAPHICS Centurion para Windows. Todos los caracteres cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza por lo cual se procedió a efectuar un análisis de varianza según modelo de clasificación simple al dato original**.

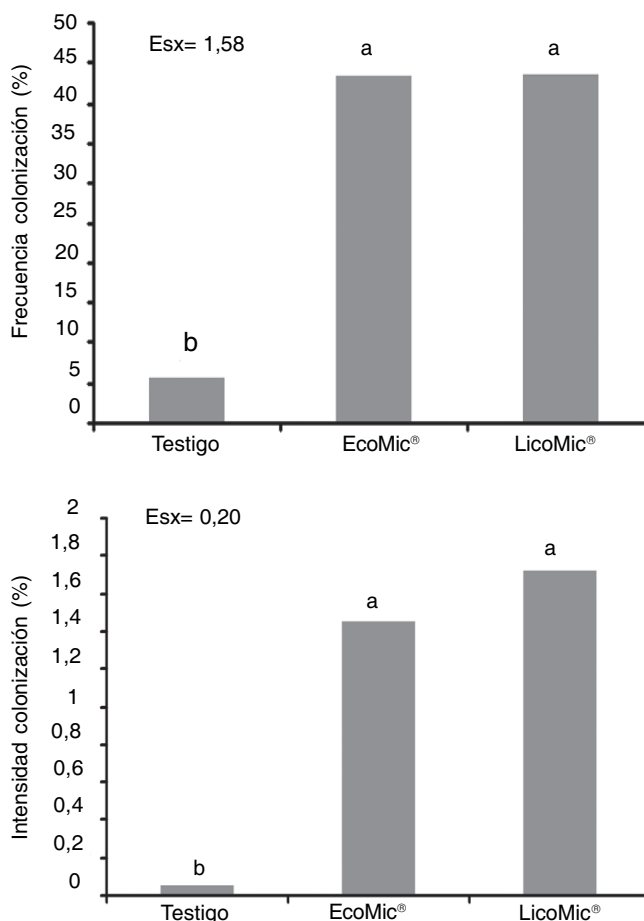
** Vásquez, E. R. Contribución al tratamiento estadístico de datos con distribución binomial en el modelo de análisis de varianza. [Tesis de Doctorado]. INCA. Mayabeque. 2011. 97 p.

Para la discriminación de medias se utilizó el procedimiento de Duncan con una significación de un 5 % en los casos en que el ANOVA resultó significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados describen el comportamiento de las variables analizadas durante el primer año experimental (2010) dado que al año siguiente las variables mantuvieron una respuesta similar.

El comportamiento de los indicadores fúngicos, frecuencia e intensidad de la colonización micorrízica se describe en la Figura 1 donde se observó una respuesta favorable en los tratamientos inoculados en relación con el control sin inocular. En cuanto a la frecuencia de colonización, para ambas vías de inoculación (sólido y líquido) se obtuvieron valores promedios que oscilaron entre 40-47 %, los que fueron significativamente superiores al testigo no inoculado (2-9 %).



Medias con letras no comunes para cada gráfico indican diferencias significativas para $p \leq 0,05$

Figura 1. Comportamiento de la frecuencia e intensidad de la colonización para el cultivo del tomate en la etapa experimental

En cuanto a la intensidad de la colonización micorrízica, indicador que expresa la cantidad porcentual de estructuras fúngicas en el interior de la raíz, se obtuvo que los tratamientos inoculados con EcoMic® y LicoMic® superaron al tratamiento testigo con valores de 1,45 y 1,72 % respectivamente.

Los valores de frecuencia e intensidad de la colonización micorrízica obtenidos en el tratamiento testigo pueden estar relacionados con la presencia de propágulos nativos de HMA en el suelo. Se conoce que la distribución de las poblaciones nativas de HMA depende de la diversidad de plantas, de los factores climáticos y de las propias interacciones que se establecen entre las diferentes especies de hongos que coexisten en el ecosistema, lo que determina, para algunas especies más que otras, su capacidad de establecer la simbiosis con los cultivos (18).

Las experiencias cubanas obtenidas para el manejo de los HMA en condiciones de producción señalan que existen algunas cepas de HMA que benefician en mayor grado a un determinado hospedante en comparación con otro además de una cierta especificidad en función del tipo de suelo (19). En el caso particular de la especie *Glomus cubense* los resultados demuestran que a pesar de ser la más recomendada para suelos Ferralíticos Rojos, bajo nuestras condiciones experimentales, demostró tener un buen comportamiento.

Los valores obtenidos para la frecuencia e intensidad de la colonización micorrízica coinciden con los que se reportan para el cultivo del maíz cuando se inoculó con la especie *Glomus mosseae* a los 30 días después de la siembra (20).

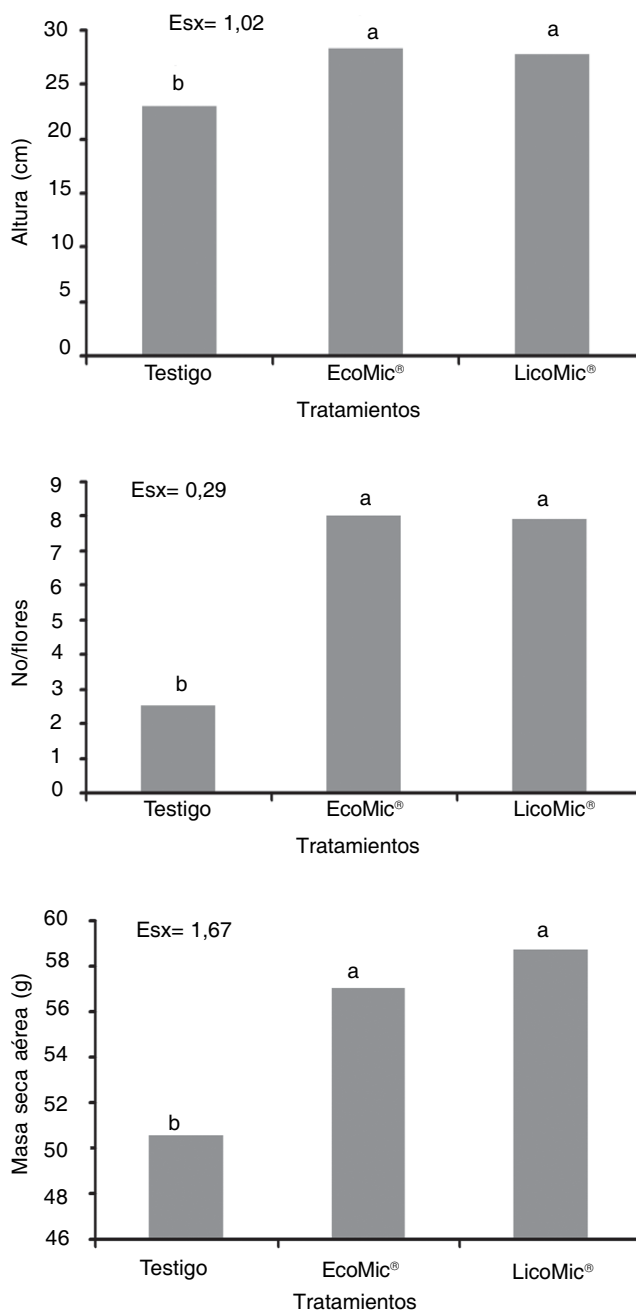
Asimismo estos valores superan a los reportados para el cultivo del tomate bajo condiciones de déficit hídrico, donde la frecuencia e intensidad de la colonización fue de 0,32 y 0,77 % respectivamente (21).

Al realizar un estudio integral de los indicadores de funcionamiento micorrízico (frecuencia e intensidad de la colonización) podemos afirmar que a pesar de haberse encontrado una frecuencia de colonización alta (40-47 %), la intensidad fue baja (1,45-1,72 %), lo que demuestra que el cultivo del tomate se encontraba en una etapa activa de crecimiento y desarrollo y por lo tanto el establecimiento de simbiosis micorrízica se encuentra en su fase inicial.

En la Figura 2 se muestra la influencia de la inoculación de los HMA sobre los indicadores del desarrollo vegetativo del cultivo del tomate (altura, número de flores y masa seca aérea). En los tres casos se pudo comprobar que los tratamientos inoculados superaron al testigo y ambas formas de inoculación del simbionte (sólida y líquida) no difirieron entre sí.

La floración en los tratamientos inoculados se adelantó cinco días en relación con el tratamiento testigo, efecto que pudo estar relacionado a la época de siembra, específicamente a la influencia de las variables climáticas.

El establecimiento del cultivo en el momento óptimo resulta de vital importancia para su ciclo vegetativo y sobre todo para el tiempo que transcurre entre una fenofase y otra (22).



Medias con letras no comunes para cada gráfico indican diferencias significativas para $p \leq 0,05$

Figura 2. Comportamiento de los indicadores de crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (altura, número de flores y masa seca aérea) para el cultivo del tomate en la etapa experimental

La influencia de la inoculación de HMA sobre indicadores del desarrollo vegetativo de las plantas ha sido ampliamente demostrada en la explotación de pastos (23), en diferentes genotipos de fresas (24) y en la producción de cítricos bajo condiciones de estrés abiótico (25), debido a que durante el establecimiento de la simbiosis se producen modificaciones en la planta, tanto fisiológicas como bioquímicas, incluyendo la síntesis de compuestos que estimulan el crecimiento de las hifas del hongo en el suelo, lo que incrementa la superficie de absorción así como la traslocación de nutrientes y agua del hongo a la planta y por lo tanto se incrementa la biomasa aérea (26).

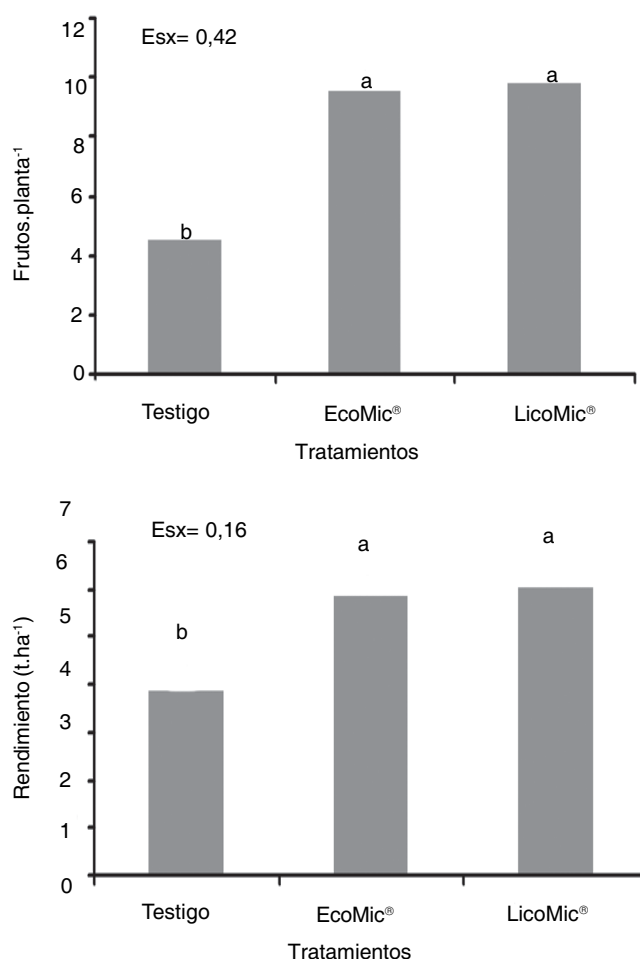
El efecto de la inoculación sobre el rendimiento del cultivo ($t \cdot ha^{-1}$) y el número de frutos por planta durante el ciclo experimental se describe en la Figura 3. Se pudo apreciar que en ambos indicadores la tendencia fue similar en los tratamientos inoculados en relación con el testigo no inoculado. Resulta importante destacar que si bien los valores alcanzados en el rendimiento del cultivo fueron bajos para esta variedad, se obtuvo que en los tratamientos inoculados los resultados fueron superiores comparados con el testigo. Se conoce que la variedad de tomate Amalia tiene un rendimiento potencial de $40,9 t \cdot ha^{-1}$ en la época de invierno, valor que disminuye considerablemente en el período de primavera-verano a unas $29 t \cdot ha^{-1}$ (7), y este supera al encontrado en este estudio.

Aunque el cultivo del tomate se desarrolla en diversas latitudes, tipos de suelo, temperaturas y métodos de cultivo, a escala de producción esta hortaliza presenta limitaciones en las regiones tropicales, sobre todo en los meses de primavera-verano, cuando prevalecen las altas temperaturas y radiación solar. En la Figura 4 se describe la tendencia de la temperatura promedio ($^{\circ}C$) y la humedad relativa (%) durante el ciclo del experimento.

Se observó que la temperatura se mantuvo prácticamente constante durante los meses evaluados y alcanzó valores de $34^{\circ}C$, los que se consideran altos para las exigencias del cultivo. Se conoce que en el cultivo del tomate la temperatura determina la velocidad de las reacciones químicas a través de la producción de hormonas y cuando ascienden a valores muy cerca de los $40^{\circ}C$ se reduce el crecimiento vegetativo, el rendimiento del cultivo así como la calidad de los frutos (27).

Para la humedad relativa se observó un descenso en el mes de mayo que se incrementó al mes siguiente hasta valores de un 80 %. La incidencia de esta variable climática sobre el cultivo del tomate está bien marcada dada por el alto grado de sensibilidad del cultivo. Cuando la HR es superior a un 80 % se favorece el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento de los frutos y se dificulta la fecundación (27).

Con los resultados se pudo comprobar la efectividad de ambas formas de inoculación (sólida y líquida) en el cultivo del tomate, además de la factibilidad de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en la tolerancia del cultivo ante estrés abiótico.



Medias con letras no comunes para cada gráfico indican diferencias significativas para $p \leq 0,05$

Figura 3. Influencia de la inoculación sobre el número de frutos y rendimiento del cultivo del tomate en la etapa experimental

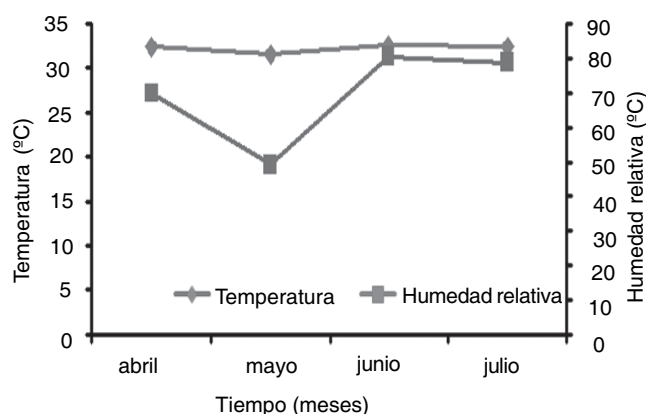


Figura 4. Comportamiento de la temperatura y humedad relativa en la etapa experimental

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial al técnico del grupo de micorrizas Aida Medina Carmona por su dedicación, apoyo incondicional y esfuerzo, sin los cuales no hubiese sido posible la exitosa ejecución de esta investigación.

REFERENCIAS

- Gómez, O.; Casanova, A. S.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Hernández, J. L.; Murguido, C. A.; León, M. F. y Hernández, A. Guía técnica para la Producción de tomate. Biblioteca ACTAF. Editora: Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana, Cuba, 2010, ISBN: 978-959-7210-07-8, 57p.
- Moya, C.; Arias L.; Arzuaga, J.; Álvarez, M.; Plana, D.; Dueñas, F.; Florido, M.; Florido, R. y Hernández, J. Evaluación y selección participativa de nuevas líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L., sección *Lycopersicon*) en Camagüey. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 2, p. 35-41.
- Smith, S. y Read, D. Colonization of roots and anatomy of arbuscular mycorrhiza. London : Academic Press. *Mycorrhizal Symbiosis*, 2008, p. 42-90.
- Plana, R.; González, P. J.; Dell'Amico, J. M.; Fernández, F.; Calderón, A. y Marrero, Y. Efecto de dos inoculantes micorrízicos arbusculares (base líquida y sólida) en el cultivo del trigo duro (*Triticum durum*). *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 4, p. 35-40. [Consultado: 15 junio del 2012]. Disponible en: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193214911011>>.
- 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*, 2008, vol. 29, no. 3, p. 23-25.
- Adesemoye, A. O. y Klopper, J. W. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2009, vol. 85, p. 1-12.
- Álvarez, M. G.; Moya, C. L.; Domini, M. E.; Arzuaga, J. S.; Martínez, B. C.; Pérez, S. M. y Cuartero, J. Z. «Amalia»: A medium-fruit size heat-tolerant tomato cultivar for tropical conditions. *Hort Science*, 2004, vol. 39, no. 6, p. 1503-1504.
- Ortega, E. y Rodés, R. Manual de prácticas de laboratorio de fisiología vegetal. Ciudad de la Habana: Pueblo y Educación. 1986, 196 p.
- Casanova, A. S.; Gómez, O.; Pupo, F. R.; Hernández, M.; Chailloux, M.; Depestre, T.; Hernández, J. C.; Mereno, V.; León, M.; Igarza, A.; Duarte, C.; Jiménez, I.; Santos, R.; Navarro, A.; Marrero, A.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Arozarena, N.; Villarino, L.; Hernández, M. I.; Martínez, E.; Martínez, M.; Muiño, B.; Bernal, B.; Martínez, H.; Salgado, J. M.; Socorro, A.; Cañet, F.; Fi, J.; Rodríguez, A. y Osuna, A. Manual para la producción protegida de hortalizas. Editorial : Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana, Cuba, 2007. 138 p. ISBN: 959-7111-37-3.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. y Rivero, L. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, La Habana, 1999, 64 p.
- Gerdemann, J. W. y Nicholson, T. H. Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 1963, p. 235-244.
- Herrera, R. A.; Ferrer, R. L.; Furrázola, E. y Orozco, M. O. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica. Ecosistemas, Evolución y Procesos sociales. (Eds. Maximina Monasterio). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. 1995.
- Rodríguez, Y.; Dalpé, Y.; Séguin, S.; Fernández, K.; Fernández, F. y Rivera, R. A. *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *Mycotaxon*, 2011, vol. 118, p. 337-347.
- Fernández, F., R. Gómez, L.F. Vanegas, M.A. Martínez, Blanca de la Noval y R. Rivera. Metodología de recubrimiento de semillas con inoculo micorrizógeno. Patente Cubana No 22641, 1999.
- Phillips J. M. y Hayman D. S. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 1970, p. 158-161.
- Giovanetti, M. y Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 1980, no. 84, p. 489-500.
- Trouvelot, A.; Kough, J. y Gianinazzi Pearson, V. Mesure du Taux de Mycorhization VA d'un Systeme Radiculaire. Recherche de Methodes d'Estimation ayant une Signification Fonctionnelle. INRA : Paris. *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*, 1986, p. 217-222.
- Kivlin, S. N.; Hawkes, C. V. y Treseder, K. K. Global diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 2011, vol. 43, no. 11, p. 2294-2303.
- Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, K.; Ruiz, L.; Sánchez, C. y Riera, M. Advances in the management of Effective Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. In: *Mycorrhizae in Crop Production*. Ed: Hamel, Ch. y Plenchette, Ch. New York, 2007, p. 151-188.
- De Prager, M. S.; Castillo, M. N.; Zabala, F. V.; Sánchez, D. I. A. y Vargas, N. La micorriza arbuscular (MA) como componente de estabilidad en los agroecosistemas. *Revista Brasileña de Agroecología*, 2009, vol. 4, no. 2, p. 4324-4327.
- Fundora, L. R.; Rodríguez, Yaquelín; Mena, Aracely; González, P. J.; Rodríguez, P. y González-Peña, Dianevis. Estabilidad de la eficiencia de la cepa *Glomus mosseae* en la respuesta del tomate a condiciones de estrés hídrico fuera de su período óptimo. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 4, p. 47-53. [Consultado 15 junio del 2012]. Disponible en: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193214911006>>.
- Van, A. D. P. y Heuvelink, E. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: a Review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 2005, vol. 80, no. 6, p. 652-659.
- Nusantara, A. D.; Kusmanab, C.; Mansur, I. y Darusmand, L. K. Bio-inorganic materials for production of forage legume and arbuscular mycorrhizal fungi inoculant. *Media Peternakan*, 2010, vol. 33, no. 3, p. 162-168.

24. Botham, R.; Collin, C. L. y Ashman, T. L. Plant mycorrhizal fungus interactions affect the expression of inbreeding depression in wild strawberry. *Int. J. Plant Sci.*, 2009, vol. 170, no. 2, p. 143-150.
25. Terry, Elein; Pino, María de los A.; Salomón, J. L.; Dell' Amico, J. M.; Suárez, Y.; Chaveco, O.; Peña, R.; Wright, Julia y Andérez, Otto. La innovación local como alternativa para atenuar el impacto de la sequía. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 2, p. 121-126. [Consultado 15 junio del 2012]. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/src/inicio/rtPdfRed.jsp?iCve=193215047012>>.
26. Barrer, S. E. Uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2009, vol. 7, no. 1, p. 123-132.
27. Moya, C. M.; Dominí, M. E. C.; Gómez, O. C.; Terry, E. A. y Plana, R. Ll. El tomate (*Solanum lycopersicum* L. sección *Lycopersicon*): Tecnologías para la producción de tomate. Ediciones INCA, 2007, 41 p. La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-7023-40-1.

Recibido: 8 de noviembre de 2011

Aceptado: 9 de julio de 2012

¿Cómo citar?

Mujica Pérez, Yonaisy y Fuentes Martínez, Agustín G. Efecto de la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares del género *Glomus* en el cultivo del tomate ante estrés abiótico. *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 4, p. 40-46. ISSN 1819-4087