

EFECTIVIDAD DE BIOFERTILIZANTES MICORRÍZICOS EN EL RENDIMIENTO DEL PIMIENTO (*Capsicum annuum* L. var. Verano 1) CULTIVADO EN DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUSTRATO

L. Montero[✉], Carmen Duarte, R. Cun, J. A. Cabrera y P. J. González

ABSTRACT. The application of arbuscular mycorrhizal fungi was evaluated as a biofertilization alternative in organoponics as well as its effect on pepper yield at different substrate moisture levels. Since the beginning of flowering-fruitletting, when 20 % of plants had flowers, two irrigation variants were settled, which consisted of applying water when substrate moisture decreased to 65 and 90 % of the container capacity (Cc). The inoculations with *Glomus hoi*-like and *Glomus mosseae* strains increased the yield of pepper fruit weight, compared to the non-inoculated control, between 12 and 24 % in the treatment of lower moisture content (65 % Cc) whereas between 10 and 20 % in the other of greater water supply (90 % Cc) of the substrate. A higher yield was obtained by *Glomus mosseae* at different substrate moisture levels.

Key words: arbuscular vesicular mycorrhizae, soil water content, *Capsicum annuum*, irrigation rates, yield

RESUMEN. Se evaluó la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares como alternativa de biofertilización en organopónicos y su efecto en el rendimiento del pimiento ante diferentes niveles de humedad del sustrato. A partir del inicio de la floración-fructificación, cuando el 20 % de las plantas se encontraban con flores, se establecieron dos variantes de riego, que consistieron en regar cuando la humedad del sustrato descendiera a valores de 65 y 90 % de la capacidad de contenedor (Cc). Las inoculaciones con las cepas *Glomus hoi*-like y *Glomus mosseae* incrementaron el rendimiento en la masa de los frutos del pimiento, con respecto al testigo sin inocular, entre 12 y 24 % en el tratamiento de menor contenido de agua (65 % Cc) y entre 10 y 20 % en el de mayor suministro de agua (90 % Cc) del sustrato. Con *Glomus mosseae* se obtuvo mayor rendimiento ante los diferentes niveles de humedad del sustrato.

Palabras clave: micorrizas arbusculares vesiculares, contenido de agua en el suelo, dosis de riego, *Capsicum annuum*, rendimiento

INTRODUCCIÓN

En Cuba, los rendimientos del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) han decrecido en los últimos años por diversos factores, entre los cuales se encuentran la baja disponibilidad de fertilizantes minerales y las limitaciones en el suministro del agua, principalmente en el contexto urbano, donde es insuficiente el agua de buena calidad para el riego.

Una de las alternativas para incrementar la producción agrícola es la aplicación de biofertilizantes producidos a partir de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los que al establecer la simbiosis con las raíces de las plantas desempeñan importantes funciones, pues contribuyen de forma más eficiente a la supervivencia y el crecimiento de los cultivos, además de reducir los efectos de estrés asociados con la nutrición y las relaciones con el agua (1, 2).

En este sentido, la formación de micorrizas juega un papel importante en el crecimiento de las plantas en condiciones de estrés hídrico (3, 4).

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, se hace necesario desarrollar estudios para definir estrategias en la fertilización biológica y el manejo de riego del pimiento en condiciones de organopónicos, como alternativas económicamente viables para incrementar las producciones de este cultivo.

La aplicación de los HMA en organopónicos constituye una alternativa agronómica, que beneficia los rendimientos del pimiento, aun cuando existan variaciones en la humedad del sustrato.

Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de los HMA en el rendimiento del pimiento en condiciones de organopónico bajo diferentes niveles de humedad del sustrato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se realizó un experimento durante la primavera del 2007, en el organopónico del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), en Arroyo Naranjo, Ciudad de La Habana.

L. Montero, Investigador Agregado, Dra.Sc. Carmen Duarte, Investigadora Titular y M.Sc. R. Cun, Investigador Auxiliar del departamento de Investigaciones, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), Ave. Camilo Cienfuegos, Apdo. 6090, Arroyo Naranjo, Ciudad de La Habana; Dr.Sc. J. A. Cabrera, Investigador Titular y M.Sc. P. J. González, Investigador Auxiliar del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ lorenzo@iird.cu

El organopónico está estructurado por canteros con un área de 6.08 m², separados por pasillos de 0.90 m rellenos con un sustrato, compuesto por la mezcla de suelo Nitisol Ródico Eútrico arcilloso, según la clasificación del *World Reference Base* (5) y estiércol bovino previamente descompuesto en una relación 1:1 v/v.

Se utilizaron semillas de la variedad de pimiento Verano 1. El trasplante se realizó en la tercera decena de abril con plántulas logradas mediante la técnica de cepellones (6).

Se efectuó el monitoreo de las esporas sobre 50 g de sustrato, a partir de tres muestras por cantero, tomadas a una profundidad de 0.20 m, antes del trasplante y después de la cosecha de los frutos (96 días después del trasplante). El conteo de esporas se realizó según el método establecido (7) y la inoculación se aplicó en el nido a razón de 1 g de biofertilizante por planta en el momento del trasplante (8).

Se empleó un sistema de riego localizado por micro-aspersión, con un coeficiente de uniformidad de 90.63 % clasificado como bueno (9).

En las fases de trasplante-inicio de floración y maduración-cosecha (10), la norma neta de riego se calculó para todos los tratamientos a partir de la evapotranspiración del cultivo. Los datos de la evapotranspiración de referencia los suministró la Estación Meteorológica de Casa Blanca y los coeficientes del cultivo se determinaron en estudios anteriores en condiciones de organoponía (11). En la fase fenológica de inicio de la floración-fructificación, cuando el 20 % de las plantas se encontraban con flores, se aplicaron dos variantes de riego, que consistieron en regar cuando la humedad del sustrato descendiera a 0.27 y 0.37 cm³.cm⁻³, que representan el 65 (V1) y 90 % (V2) de la capacidad de contenedor (Cc), cuyo valor es de 0.42 cm³.cm⁻³.

El diseño experimental consistió en los siguientes tratamientos:

| | |
|---|---|
| V1T1: sin aplicar micorrizas y riego al 65 % Cc | V2T1: sin aplicar micorriza y riego al 90 % Cc |
| V1T2: micorriza con la cepa <i>Glomus hoi-like</i> y riego al 65 % Cc | V2T2: micorriza con la cepa <i>Glomus hoi-like</i> y riego al 90 % Cc |
| V1T3: micorriza con la cepa <i>Glomus mosseae</i> y riego al 65 % Cc | V2T3: micorriza con la cepa <i>Glomus mosseae</i> y riego al 90 % Cc |

Las precipitaciones durante el estudio se registraron con un pluviómetro insertado en el organopónico y la humedad volumétrica del sustrato se determinó diariamente a partir de la fase de inicio de la floración-fructificación, a una profundidad de 0.20 m en tres puntos en cada cantero, con una sonda electromagnética tipo TDR, la cual se calibró para este tipo de sustrato (12).

Se determinó la masa fresca de los frutos (rendimiento agrícola) en balanza técnica al momento de la cosecha.

El diseño empleado fue muestral y el análisis estadístico para el procesamiento de los datos fue mediante la prueba de t-student para muestras independientes con un nivel de probabilidad de error de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar la cantidad de esporas al inicio (antes del trasplante) y después de la cosecha bajo los dos niveles de humedad establecidos (Tabla I), se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos de micorrizas en comparación con el testigo sin inocular.

En el tratamiento de mayor suministro de agua inoculado con micorrizas, el número de esporas en el sustrato alcanzó valores superiores con respecto al testigo sin inocular, en el cual se demuestra que el nivel de humedecimiento en el sustrato del 90 % Cc (0.37 cm³.cm⁻³) jugó un papel fundamental en el desarrollo de estos microorganismos en las condiciones estudiadas; es decir, que los niveles altos y estables de humedad en el sustrato estimulan el contenido de HMA. Similares resultados han sido reportados anteriormente (13), los que plantearon que con diferentes cepas de HMA evaluadas en pasto Guinea (*Panicum maximum*, cv. Likoni), se produjeron porcentajes de colonización y densidad visual superiores al testigo en el período lluvioso. Por otra parte, la cantidad de esporas observadas al final del ciclo vegetativo, donde el suministro de agua fue menor (0.27 cm³.cm⁻³), mostró ser superior en los tratamientos con HMA, de acuerdo al análisis del sustrato antes del trasplante, con valores de 102 esporas en la cepa *Glomus hoi-like* y 135 en *Glomus mosseae*; estos valores también superan el número de esporas obtenidas en el tratamiento testigo sin inocular.

Tabla I. Conteo de esporas en el sustrato

| Tratamientos | Cantidad de esporas.50g ⁻¹ de sustrato | | | |
|-------------------------------------|---|---------|---------------|---------|
| | Riego 65 % Cc | | Riego 90 % Cc | |
| | Antes | Después | Antes | Después |
| T1 (testigo) Media | 44.66 | 45.34 | 54.00 | 58.31 |
| t-Student | 0.2388 NS | | 0.1337 NS | |
| T2 (<i>Glomus hoi-like</i>) Media | 43.60 | 146.30 | 48.33 | 184.38 |
| t-Student | 0.0160* | | 0.0035 ** | |
| T3 (<i>Glomus mosseae</i>) Media | 45.08 | 180.16 | 50.20 | 194.00 |
| t-Student | 0.0001*** | | 0.0029 ** | |

Los resultados del tratamiento de baja aplicación de agua (65 % Cc) son de gran interés para el cultivo del pimiento, en las zonas donde existen grandes limitaciones hídricas, puesto que la formación de micorrizas juega un papel importante en el crecimiento de los cultivos en estado de estrés hídrico. Se ha determinado que las plantas inoculadas con HMA en condiciones de déficit hídrico desarrollan una capacidad de absorción superior a las no inoculadas, lo que favorece no solo la disponibilidad de nutrientes sino también de agua (3).

En la Figura 1A se muestra el comportamiento de la humedad del sustrato a partir de la fase de inicio de floración y fructificación del cultivo. Se observó que la humedad volumétrica se mantuvo como promedio cercana a los límites fijados, con valores de 0.27 cm³.cm⁻³ en el tratamiento de 65 % Cc y de 0.37 cm³.cm⁻³ para el de 90 % Cc, excepto durante en el período comprendido entre junio y la primera decena de julio. En esta etapa, la humedad volumétrica se incrementó, alcanzando valores promedio de 71 y 96 % Cc para ambos tratamientos respectivamente, debido al comportamiento de las precipitaciones (Figura 1B).

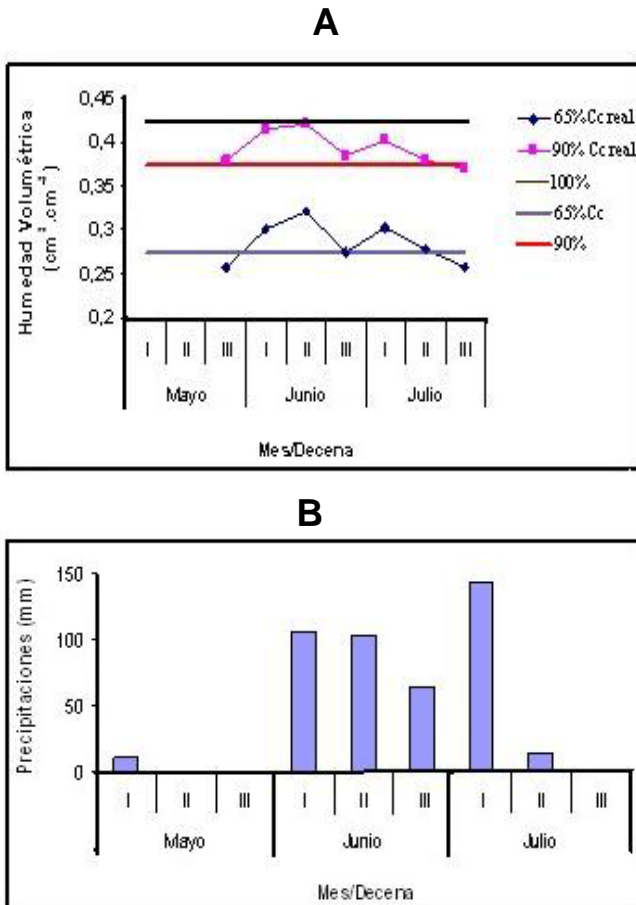


Figura 1. A: Valores medio de la humedad volumétrica en el sustrato en la fase fenológica inicio de la floración-fructificación y B: Comportamiento decenal de las precipitaciones durante el estudio

El crecimiento y desarrollo del sistema radical de las plantas evaluadas en los tratamientos con HMA, donde se regó al 65 % Cc, se vieron estimulados por el efecto de los HMA, pues mostraron valores superiores de la masa seca al compararse con las desarrolladas en el tratamiento no inoculado. Este comportamiento pudo deberse a que las raíces de las plantas, al estar expuestas a un bajo nivel de humedad en el sustrato, recibieron los beneficios de la simbiosis de estos microorganismos, lo que permitió una mayor absorción de agua y nutrientes, y contribuyó más eficientemente al incremento de este órgano de la planta en condiciones de estrés hídrico. Se ha demostrado que las hifas del hongo mejoran indicadores como la conductividad hidráulica de la raíz, lo cual disminuye su resistencia al paso del agua, aspecto que ha sido comprobado en plantas de *Ulmus americana* (14). Además, la simbiosis hongo-planta es típicamente mutualista, pues el hongo depende de la planta para la obtención de fotoasimilados y la planta recibe a cambio una variedad de beneficios, que le permite incrementar su crecimiento y mejorar sus relaciones hídricas (3).

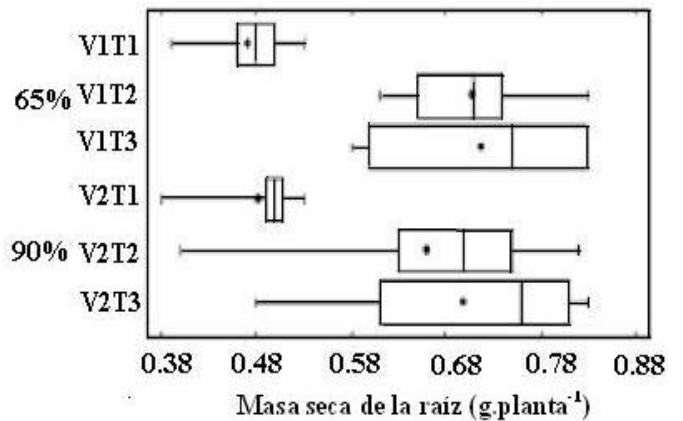


Figura 2. Masa seca de las raíces del pimiento bajo diferentes tratamientos

Cuando la humedad del sustrato se mantuvo a un nivel cercano al 90 % Cc, no se observaron diferencias significativas en la biomasa entre los tratamientos estudiados. Estos resultados indican que, para altos niveles de humedad en el sustrato, estas cepas no manifestaron influencia que favoreciera el crecimiento radical, lo que se puede atribuir a que las plantas tuvieron agua disponible en el sustrato durante todo el desarrollo de su ciclo biológico para satisfacer sus necesidades hídricas.

Los análisis de estos resultados ofrecen dos aportes de gran interés para el agricultor: en primer lugar, permiten valorar la importancia que tiene el suministro adecuado de agua, para que el pimiento pueda satisfacer su exigencia hídrica durante todas sus fases de desarrollo y, en segundo lugar, la incidencia que tiene la inoculación de HMA en el crecimiento de la biomasa de este cultivo en condiciones de bajo contenido de humedad del sustrato.

En la Figura 3 se presentan los valores medio de la masa fresca total de los frutos ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Como se puede apreciar, entre los tratamientos con micorrizas y el testigo sin inocular, existen diferencias significativas bajo los diferentes límites de humedad productiva (65 y 90 % Cc). El incremento de la masa fresca total de los frutos en los tratamientos inoculados está relacionado con el de la masa seca de las raíces, al explorar un volumen mayor de sustrato y absorber con mayor facilidad los nutrientes y el agua, mejorando de esta manera la nutrición de las plantas. En condiciones de estrés hídrico, la micorrización juega un papel esencial en activar la difusión de los iones y el agua hacia las raíces de las plantas hospederas, lo que le permite soportar las condiciones de sequía (2).

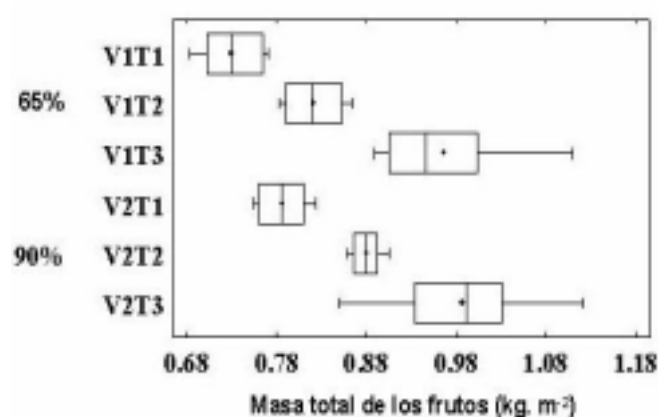


Figura 3. Masa fresca de los frutos del cultivo estudiado ante diferentes tratamientos

La aplicación de micorrizas como biofertilizante ecológico es un producto natural muy eficaz, para aumentar la producción del pimiento en condiciones de organopónicos, aun cuando existen variaciones de humedad en el sustrato. Esto constituye una alternativa para la producción sostenible de pimiento en aquellas áreas con limitaciones con el agua para el riego.

CONCLUSIONES

- ♦ La inoculación con las cepas micorrízicas *Glomus hoi-like* y *Glomus mosseae* constituye una alternativa agronómica para los ambientes con limitaciones hídricas.
- ♦ La aplicación de biofertilizantes micorrízicos es una vía factible para aumentar los rendimientos agrícolas en condiciones de organopónicos.

REFERENCIAS

1. Encina, C. y Barceló, A. Micorriza. En línea. Disponible en: <<http://www.Ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS55/micorriza.html>>. Consultado en: 2 de mayo del 2006.
2. Fernández, M. A. Micorriza, una simbiosis vital en la naturaleza. Disponible en: <http://www.Consumer.es/medioambiente>. Consultado en: 7 de julio 2006.
3. Dell'Amico, J. M.; Rodríguez, P.; Torrecillas, A.; Morte, A. y Sánchez-Blanco, M. J. Influencia de la micorrización en el crecimiento y las relaciones hídricas de plantas de tomate sometidas a un ciclo de sequía y recuperación. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 1, p. 29-34.
4. Fundora-Sánchez, L. R: Empleo de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo del tomate en condiciones de buen abastecimiento hídrico y período de estrés y su efecto sobre el desarrollo y las relaciones hídricas. Tesis en opción al Título Académico de Maestro en Ciencias. INCA. MES. Cuba, 2007, p. 8-40.
5. WRB. IUSS Working Group. *World reference base for soil resources*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome, 2006, 128 p.
6. Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT). *Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida*. C. de La Habana. Cuba. ACTAC, 2007, p. 6-23.
7. Gerdemann, J. W. y Nicholson, T. H. Spore of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting". *Taus. Br. Mycologia*, 1963, vol. 46, p. 235-244.
8. Pro-organic.com/Eco_dosis.htm. El biofertilizante EcoMic®. Instrucciones de uso., 2008, 3 p.
9. Merriam J. y Keller, L. *FAM Irrigation system Evaluation: a guide for management*. State University Logan. USA, UTAH, 1978, 267 p.
10. Doorenbos, J. y Pruitt, W. O. Las necesidades de agua de los cultivos. *Estudios de Riego y Drenaje*, 1977, no. 24, p. 27-29.
11. Zamora, E.; Duarte, C.; Pérez, R. y Lambert, M. Validación de los coeficientes de los cultivos. Informe Final de Proyecto IIRD-MINAG. Cuba. 2007, 23 p.
12. López T.; González, F. y Cid, G. Particularidades de la utilización de sondas electromagnéticas para la determinación de la humedad de los suelos y la cuantificación de balances hídricos. Cuba, 2006. Memorias de AGRING.
13. Calderón, M. y González, P. J. Respuesta del pasto Guinea (*Panicum maximum*, cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos Arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 3, p. 33-37.
14. Muhsin, T. M. y Zwiazek, J. J. Ectomycorrhizas increase apoplastic water transport and root hydraulic conductivity in *Ulmus Americana* seedlings. *New Phytologist*, 2002, vol. 18, p. 153-158.

Recibido: 1 de octubre de 2009

Aceptado: 7 de abril de 2010