



## Efectividad en el cultivo de lechuga de cuatro cepas de hongos micorrizógenos arbusculares

### Effectiveness in lettuce cultivation of four strains of arbuscular mycorrhizal fungi

Juan Francisco Ley-Rivas\*, Nancy E. Ricardo Nápoles, Jorge A. Sánchez  
Eduardo Furrázola y Osbel Gómez Ricardo

Palabras clave: biofertilizantes, hongos micorrizógenos arbusculares, hortalizas, micorrizas  
Key words: arbuscular mycorrhizal fungi, biofertilizers, mycorrhizae, vegetables

Recibido: 13/04/2016

Aceptado: 25/10/2016

#### RESUMEN

Se analizó la eficiencia de cuatro cepas de hongos micorrizógenos arbusculares y su mezcla en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. BSS-13). Los experimentos se realizaron durante 10 semanas (70 días) en casa de vegetación aplicándose riego hasta saturación, en días alternos. Las cepas *Glomus* sp. 1, *Glomus* sp. 2, *Rhizogloium clarum* y *Rhizogloium intraradices* resultaron eficientes para incrementar la producción de biomasa aérea con respecto al testigo, valores superiores de 3.6 a 5.9 veces. *Rhizogloium intraradices* y la mezcla de todas las cepas mostraron los valores mayores de eficiencia en la producción de biomasa fresca aérea.

#### ABSTRACT

Efficiency of four arbuscular mycorrhizal strains and their mixture in growing lettuce (*Lactuca sativa* L. var. BSS-13) were analyzed. The experiments were performed for 10 weeks (70 days) at the greenhouse and irrigation was applied to saturation in alternate days. The *Glomus* sp. 1, *Glomus* sp. 2, *Rhizogloium clarum* and *Rhizogloium intraradices* were efficient in increasing biomass production compared with the control, having higher values from 3.6 to 5.9 times. *Rhizogloium intraradices* and the mixture of all the strains showed higher values of efficiency in production of aerial fresh biomass.

#### INTRODUCCIÓN

La diversidad microbiana es una característica presente en los ecosistemas tropicales que debe ser valorada como uno de los recursos más importantes de los suelos. Entre toda la biota del suelo se establecen relaciones de diferentes tipos, de ellas está la simbiosis mutualista que Barea y

Azcón-Aguilar (1982) plantean como la más frecuente en las interacciones plantas-microorganismos. Esta se caracteriza por la unión interna, el reconocimiento e intercambio de nutrientes, donde la planta aporta sus carbohidratos procedentes de la fotosíntesis (Sánchez de Prager, 2007), y el hongo facilita a

\* Autor para correspondencia: jley@ecologia.cu  
leroy\_liba@yahoo.com.mx  
Instituto de Ecología y Sistemática,  
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente,

Carretera de Varona 11835 e/ Oriente y Lindero,  
Calabazar, Boyeros, La Habana 19, C.P. 11900.  
La Habana, Cuba.

la planta la adquisición de iones minerales de lenta difusión en la solución del suelo como el P, Zn, Cu, etc. Ejemplo de este último tipo de relación son las micorrizas, formadas por un hospedero vegetal y los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) (Sieverding, 1991).

La relación planta-HMA tiene baja especificidad lo que permite que diferentes especies de HMA puedan colonizar a la vez una misma planta y una misma especie de HMA colonice diferentes plantas, donde siempre esperamos eficiencia de la simbiosis (Smith y Gianinazzi-Pearson, 1998). La misma además de los beneficios antes mencionados también incide de forma positiva en la mejora y conservación de los suelos y la estabilización de agregados del mismo a través de la red hifal y la producción de glomalina (Rillig y Mummey, 2006; Berruti *et al.* 2014).

Esta simbiosis nos permite utilizarla en la formulación de biofertilizantes, que como función primaria va dirigida a incrementar la producción de los alimentos, elevar la calidad de los mismos y tener producciones estables en el tiempo (Azcón-Aguilar y Barea, 1997) y su aplicación es amplia donde se destacan las hortalizas y dentro de ellas la lechuga (*Lactuca sativa* L.) que es de alto consumo a nivel mundial y en Cuba tiene una alta demanda. Es una planta anual y autógena, perteneciente a la familia Asteraceae con un período vegetativo corto de entre dos y tres meses. Se han realizado algunos estudios sobre la aplicación de los HMA en el cultivo de la lechuga (González, 2005; Ley-Rivas *et al.*, 2011; Núñez *et al.*, 2013) con resultados satisfactorios pero diferentes, lo que depende de la eficiencia de las cepas que se utilicen en el biofertilizante, por lo que se hace necesario el estudio de las mismas.

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de cuatro especies de HMA y su mezcla en el cultivo de lechuga a través de la cuantificación y análisis de las variables micorrizicas (colonización, densidad visual de endófito, cuantificación de los micelios interno y externo) y las de crecimiento (altura, diámetro del tallo, biomasa fresca aérea y biomasa seca subterránea).

## MATERIALES Y METODOS

### Selección de cepas

Se utilizaron cuatro cepas nativas de HMA procedentes de San Ubaldo-Sabanalamar, Pinar del Río, Cuba, que se localiza entre los 22°03'50" LN y 83°57'59" LW y 22°09'56" LN y 84°03'20" LW: *Glomus* sp. 1 (IES 122), *Glomus* sp. 2 (IES 123), *Rhizoglomus clarum* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl (IES 125) y *Rhizoglomus intraradices* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl (IES 127) pertenecientes a la Colección Cubana de Hongos Micorrizógenos Arbusculares la cual radica en el Instituto de Ecología y Sistemática (IES) La Habana, Cuba.

Se emplearon seis tratamientos: las cuatro cepas aisladas y una mezcla de todas ellas (inóculo mixto) así como un control sin HMA. El inóculo para cada planta consistió de 500 esporas, las que fueron aisladas previamente mediante la metodología de Herrera *et al.* (2004) considerando que las mismas mantuvieran su integridad y todos sus atributos como colores brillantes, contenido lipídico, etc. El inóculo mixto estuvo compuesto por 125 esporas de cada cepa.

### Diseño experimental

El experimento se realizó en condiciones de casa de vegetación con techo de cristal, paredes laterales con mallas plásticas de porosidad 2 mm, situada en el Instituto de Ecología y Sistemática, en La Habana, localizado entre los 23°02'3.3" LN y 82°22'48.4" LW. Se utilizaron macetas de 1.3 dm<sup>3</sup> con un sustrato formado por una mezcla de suelo del tipo pardo con carbonatos y arena sílice (1:1 v/v), previamente esterilizada al vapor fluente por una hora durante 3 días consecutivos.

Se preparó una solución a partir de una mezcla de suelo (pardo con carbonatos) - agua en proporción 1:5 v/v, la cual fue filtrada a través de papel de filtro Whatman No.1. Todos los tratamientos incluyendo los controles sin micorrizas recibieron 10 ml por maceta de este filtrado del suelo sin esterilizar para reintroducir las poblaciones microbianas excepto los propágulos de HMA.

El suelo presentó un pH (H<sub>2</sub>O): 8.0, materia orgánica (MO): 6.7%, fósforo asimilable (P): 5 µg g<sup>-1</sup>, CCB: 50 Cmol kg<sup>-1</sup>). Las plantas se regaron en días alternos hasta saturación. Para el experimento se empleó un diseño completamente aleatorizado con 5 réplicas por tratamiento y una duración de 70 días en el período febrero-abril de 2010.

### Variables analizadas

A los 70 días los sustratos secos de cada réplica se homogenizaron de forma individual, se tomaron 100 g de cada uno y se procesaron según la metodología de Herrera-Peraza *et al.* (2004) para determinar la biomasa de micelio externo (ME), biomasa de micelio interno o endófito (ED) y los porcentajes de colonización micorrízica (CM) o frecuencia (Giovannetti y Mosse, 1980) y densidad visual (DV) o intensidad de colonización una vez teñidas las raicillas por el método de Phillips y Hayman (1970). Se midieron las variables de crecimiento: biomasa fresca aérea (MFA), diámetro del tallo (DT) y la biomasa seca de la raíz (MSR).

### Análisis estadístico

Se comprobó la normalidad y homogeneidad de varianza a través de las pruebas de Shapiro-Wilks y de Bartlett respectivamente. Para determinar las posibles diferencias entre las variantes de inoculación se aplicó un ANOVA de clasificación simple. Las diferencias entre medias se detectaron por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan (P<0.05).

**Tabla 1.** Efecto de la inoculación con especies de HMA en plantas de lechuga sobre la colonización micorrízica (CM), la densidad visual (DV), el endófito (ED), el micelio externo (ME) y la relación ME/ED. Medias con letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos.

**Table 1.** Effect of inoculation with AMF species on lettuce plants on mycorrhizal colonization (CM), visual density (DV), endophyte (ED), external mycelia (ME) and ME/ED relations. Different letters represent significant differences between treatments.

Tratamientos	CM (%)	DV (%)	ED (mg L <sup>-1</sup> )	ME (mg L <sup>-1</sup> )	ME/ED
<i>Glomus</i> sp 1	85.6 ± 1.2 b	6.4 ± 1.2 c	7.0 ± 2.4 b	18.2 ± 4.7 a	2.6 ± 0.8 a
<i>Glomus</i> sp 2	87.1 ± 2.7 b	9.5 ± 1.4 b	4.8 ± 0.8 b	20.5 ± 4.6 a	4.3 ± 0.5 a
<i>R. clarum</i>	77.0 ± 1.0 c	4.0 ± 1.3 d	4.4 ± 1.5 b	10.1 ± 4.0 b	2.3 ± 1.3 a
<i>R. intraradices</i>	96.5 ± 1.0 a	14.3 ± 0.4 a	17.9 ± 3.1 a	15.6 ± 3.0 ab	0.9 ± 0.2 b
Mixto	93.2 ± 2.9 a	13.3 ± 0.3 a	17.7 ± 4.0 a	15.7 ± 2.4 ab	0.9 ± 0.1 b

## RESULTADOS

### Variables micorrízicas

La presencia micorrízica en las plantas de lechuga se confirmó por los resultados obtenidos al determinar el porcentaje de CM (Tabla 1). Los valores resultaron elevados, los cuales oscilaron entre el 77% obtenido con *R. clarum* hasta el 96.5% observado para *R. intraradices*.

Los resultados de la DV mostraron diferencias significativas entre todas las cepas, con excepción del *R. intraradices* y el inóculo mixto. *Glomus* sp. 1 y *R. clarum* presentaron los menores valores. *R. intraradices* obtuvo el mayor porcentaje, alcanzando 14.3%, siendo superior en 2.2, 1.5 y 3.6 veces a *Glomus* sp. 1, *Glomus* sp. 2 y *R. clarum* respectivamente.

Al relacionar los valores de CM y los de DV observamos que se comportaron de forma similar, en ambos casos los valores más altos se correspondieron con *R. intraradices* y los menores con *R. clarum*, correspondiendo los valores intermedios a las otras dos cepas evaluadas y el tratamiento mixto.

La biomasa de ED presentó diferencias significativas agrupándose los tratamientos en dos grupos, el primero conformado por el *R. intraradices* y el mixto, con los valores mayores y el segundo con el resto de las cepas estudiadas.

La biomasa de ME no mostró diferencias significativas entre los tratamientos *Glomus* sp. 1, *Glomus* sp. 2, *R. intraradices* y mixto y los dos últimos tratamientos no presentaron diferencias con *R. clarum*, cepa con la cual se obtuvo el menor valor. La relación ME/ED mostró valores por encima de la unidad con excepción del *R. intraradices* y el mixto pero relativamente cercanos a esta.

### Variabes de crecimiento

La producción de masa fresca aérea (MFA) presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 2). Los tratamientos micorrizados resultaron en un rango entre 3.6 y 5.9 veces superiores al testigo.

Las mediciones del diámetro del tallo (DT) mostraron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos micorrizados, donde estos últimos presentaron valores similares entre ellos.

El menor valor de la masa seca raíz (MSR) fue observado en el tratamiento testigo, y los tratamientos *Glomus* sp. 1, *R. clarum* y mixto presentaron la mayor biomasa radicular; si bien el *Glomus* sp. 2 no difirió significativamente del testigo, presentó valores superiores.

## DISCUSIÓN

Los valores de la CM fueron superiores a los obtenidos por Marulanda-Aguirre (2008) en el cultivo de la lechuga, pero a su vez se observó variabilidad entre las especies de HMA. Las cepas *R. intraradices* utilizadas en ambos experimentos fueron las que

presentaron mayor colonización micorrízica, a pesar del origen diferente de las mismas (San Ubaldo-Sabanalamar y el inóculo comercial MYCOSYM, Sevilla, España).

Los valores elevados de ED que presentan los tratamientos de *R. intraradices* y el inóculo mixto pueden explicarse por las características que presenta esta especie (*R. intraradices*) al expresarse en diversos agroecosistemas con independencia del sustrato y el hospedero, con un alto poder infectivo y elevada producción de estructuras fúngicas intrarradicales (Navarro-Borrell, 2009; Ley-Rivas *et al.*, 2015). Ello le permite mantener una elevada tasa de intercambio de fotosintatos, la cual se halla asociada a la cantidad de endófito (Sánchez de Prager, 2007) y así no poner en peligro el crecimiento y desarrollo de la planta hospedera.

La variabilidad de los resultados obtenidos para las diferentes cepas corresponde con lo planteado por Sieverding (1991), en el sentido de que algunas cepas dan su máximo aporte simbiótico con micomasas de endófito muy bajas y otras con micomasas altas. A su vez, la acción de las cepas de HMA, la respuesta de crecimiento de la planta, así como la efectividad de la simbiosis pueden variar mucho en dependencia de la especie de HMA de que se trate e incluso entre aislados de una misma especie (Eun-Hwa *et al.*, 2013).

De forma general, el comportamiento del ME resultó similar al observado para la CM donde *R. clarum* presentó los valores más bajos con respecto a los

**Tabla 2.** Efecto de la inoculación con cuatro especies de HMA en la producción de masa fresca aérea (MFA), diámetro del tallo (DT) y masa seca raíz (MSR) en plantas de lechuga. Medias con letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos.

**Table 2.** Effect of inoculation with four AMF species on aerial fresh mass (MFA), stem diameter (DT) and root dry mass (MSR) on lettuce plants. Different letters represent significant differences between treatments.

Tratamientos	MFA (g)	DT (mm)	MSR (g)
Testigo	12.6 ± 5.6 d	7.4 ± 0.9 b	0.21 ± 0.1 c
<i>Glomus</i> sp 1	54.7 ± 7.2 bc	12.3 ± 0.5 a	1.36 ± 0.4 a
<i>Glomus</i> sp 2	46.4 ± 3.6 c	11.8 ± 1.2 a	0.63 ± 0.2 bc
<i>R. clarum</i>	54.6 ± 8.3 bc	12.7 ± 0.7 a	1.32 ± 0.2 a
<i>R. intraradices</i>	68.4 ± 4.5 ab	11.4 ± 0.7 a	1.05 ± 0.3 ab
Mixto	74.7 ± 5.0 a	12.9 ± 0.4 a	1.27 ± 0.2 ab

otros tratamientos. Los distintos valores de ME obtenidos, demostraron la individualidad existente en la interacción con un hospedero y en las mediciones de las variables de crecimiento se reflejó de cada cepa la eficiencia en la captación de nutrientes y agua, función resaltada por diferentes autores como primaria de la simbiosis micorrízica arbuscular (Pérez, 2011; Reyes, 2011; Ellouze *et al.*, 2014).

Se comprobó un aumento de los valores del ED a través del tiempo, disminuyendo la relación ME/ED, acercándose a la unidad, lo que sugiere que estos balances de las biomásas fúngicas en su simbiosis con la planta está dada por la eficiencia con que ambos simbioses se benefician sin provocarse daño. Se destaca una correlación entre ME/ED y la MFA, cuanto más pequeño es el valor de ME/ED mayor es la producción de MFA, incluso entre los tratamientos mixto y *R. intraradices* que presentan igual valor (0.9), el mixto con menor variación (error estándar) es más eficiente. Los resultados concuerdan con los reportados por Herrera *et al.* (1988), quienes plantean que el efecto positivo del proceso de micorrización sobre el crecimiento de la planta huésped, depende de que el balance de las biomásas ME/ED presentes en sus raicillas, concuerde con la posibilidad de adecuar su eficiencia fotosintética a los requerimientos del hongo y que puede considerarse que este rango (0.2 - 0.8) de variación de la relación ME/ED es un índice de la mayor eficiencia simbiótica de las micorizas arbusculares, tanto en los experimentos en maceta como a nivel de ecosistema.

Los valores mayores de MFA obtenidos con la aplicación del tratamiento mixto puede considerarse un efecto de la sinergia existente entre las especies de HMA aplicadas. Son superiores a los obtenidos en condiciones experimentales de campo por Melgares de Aguilar *et al.* (2004) quienes lograron un ligero incremento en la producción (1,1 veces superior) al aplicar *R. intraradices* en el cultivo de la lechuga. Por su parte González *et al.* (2005) en sus investigaciones presentaron un incremento 1,2 veces superior al testigo utilizando diferentes dosis de materia orgánica y una cepa de HMA en condiciones de organopónico, mientras Ley-Rivas *et al.* (2011) al aplicar una mezcla

de cuatro cepas de HMA en dos variedades de lechuga obtuvieron una producción de 1.9 a 2.6 veces superior al testigo en campo.

Similares resultados alcanzaron Marulanda-Aguirre *et al.* (2008) con lo cual se comprueba el comportamiento diferencial de las cepas de HMA en una misma planta hospedera, esto apunta a la existencia de cierta compatibilidad funcional planta-hongo-suelo, dado que existen combinaciones que funcionan mejor que otras (Cuenca *et al.*, 2007; Herrera-Peraza *et al.*, 2011). Es de señalar que en ambas investigaciones al igual que en los resultados obtenidos por Kohler *et al.* (2008) la especie *R. intraradices*, produjo la mayor biomasa en las plantas de lechuga.

La MSR coincide parcialmente con lo reportado por Marulanda-Aguirre *et al.* (2008) quienes observaron diferencias significativas entre el testigo y el producto comercial MYCOSYM que contiene una cepa de *R. intraradices*, y no con las otras dos cepas de HMA. En nuestro caso solo una cepa no presentó diferencias significativas con el testigo aunque su valor fue superior.

Los resultados en la medición del DT difieren de los obtenidos por González *et al.* (2005) quienes no obtuvieron diferencias entre los tratamientos con la utilización de materia orgánica en diferentes dosis (5, 10 y 15 kg m<sup>-2</sup>), *Azospirillum brasilense* y el biofertilizante comercial Ecomic, demostrando que la adición de materia orgánica fue el factor que más incidió en esta variable.

Sin embargo los resultados de nuestro experimento se corresponden con los obtenidos por Melgares de Aguilar *et al.* (2004) quienes obtuvieron diferencias significativas en los tratamientos micorrizados, con simple inoculación y doble micorrización al ser trasplantados, respecto a los valores del testigo.

## CONCLUSIONES

Se manifiesta una diversidad funcional entre las cepas de HMA y la planta de lechuga observándose efectos diferentes en las variables analizadas y correlación positiva entre ellas. Es de destacar que

la aplicación de la mezcla de estas cepas de HMA resultó ser la más eficiente en la producción de biomasa aérea en las plantas de lechuga.

#### LITERATURA CITADA

- Azcón-Aguilar C, Barea JM. 1997.** Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: Significance and potentials. *Scientia Horticulturae*. 68: 1-24.
- Barea JM, Azcón-Aguilar C. 1982.** La rizosfera: interacciones microbio-planta. *Anales de Edafología y Agrobiología*. Tomo XLI. Vol 7-8; 1517-1532.
- Berruti A, Borriello R, Orgiazzi A, Barbera AC, Lumini E, Bianciotto V. 2014.** Arbuscular Mycorrhizal Fungi and their Value for Ecosystem Management. In: Oscar Grillo (Ed.), *Biodiversity - The Dynamic Balance of the Planet*, InTech, DOI: 10.5772/58231.
- Cuenca G, Cáceres A, Oirdobro G, Hasmy Z, Urdaneta C. 2007.** Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*. 32: 23-29.
- Ellouze W, Esmaili Taheri A, Bainard LD, Yang C, Bazghaleh N, Navarro-Borrell A, Hanson K, Hamel C. 2014.** Soil Fungal Resources in Annual Cropping Systems and Their Potential for Management. *BioMed Research International*. Article ID 531824, 15 p.
- Eun-Hwa L, Ju-Kyeong E, Kang-Hyeon K, Ahn-Heum E. 2013.** Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Their Roles in Ecosystems. *Mycobiology*. 41: 121-125.
- Giovannetti M, Mosse B. 1980.** An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytology*. 84: 489-500.
- González RL, Núñez Sosa DB, Lima Díaz S. 2005.** Efectividad de diferentes niveles de materia orgánica y biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones de organopónico. *Centro Agrícola*. 32: 11-15.
- Herrera RA, Menéndez L, Rodríguez MA, García EE. 1988.** *Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba. Proyecto MAB No. 1, 1974-1987*. ROSTLAC, Montevideo, Uruguay.
- Herrera-Peraza R A, Furrázola E, Ferrer RL, Fernández Valle R, Torres Arias Y. 2004.** Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del Rosario, Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. Vol. 35, No. 2.
- Herrera-Peraza RA, Hamel C, Fernández F, Ferrer RL, Furrázola E. 2011.** Soil–strain compatibility: the key to effective use of arbuscular mycorrhizal inoculants? *Mycorrhiza*. 21: 183–193.
- Kohler JF, Caravaca J, Pascual A, Roldán. 2008.** Evaluación del efecto de inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento (PGPR) y hongos micorrícicos en plantas de lechuga para favorecer el crecimiento y mejorar la calidad del suelo. Panel. VIII Congreso científico de SEAE. "Agricultura y Alimentación Ecológica". IV Congreso Iberoamericano Agroecología, Bullas, Spain.
- Ley-Rivas JF, Aliaga R. L, Moron G. C, Furrázola Gómez E. 2011.** Efecto del biofertilizante MICOFERT en la producción de dos variedades de lechuga en Perú. *Acta Botánica Cubana*. 213: 36–39.
- Ley-Rivas JF, Sánchez JA, Ricardo NE, Collazo E. 2015.** Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. *Agronomía Costarricense*. 39: 47-59.
- Marulanda-Aguirre A, Azcón R, Ruiz-Lozano JM, Aroca R. 2008.** Differential Effects of a *Bacillus megaterium* Strain on *Lactuca sativa* Plant Growth Depending on the Origin of the Arbuscular Mycorrhizal Fungus Coinoculated: Physiologic and Biochemical Traits. *Journal of Plant Growth Regulation*. 27: 10–18
- Melgares de Aguilar J, González-Martínez D, Gutiérrez A, Honrubia M, Morte A. 2004.** Efectos del hongo endomicorrícico *Glomus intraradices* en el cultivo ecológico de lechuga tipo Iceberg. VI Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica Almería, septiembre.
- Navarro-Borrell A. 2009.** Efecto del estrés hídrico y la asociación micorrícica en el crecimiento, el

desarrollo y el metabolismo de las especies reactivas del oxígeno en plantas de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología y Sistemática y Universidad de La Habana, Cuba.

**Núñez Sosa DB, González RL, Álvarez JL, Walker Bauza Y, Angulo YC. 2013.** Resultados de la aplicación de biofertilizantes a base de *Azospirillum* y micorrizas en asociaciones de cultivos hortícolas en condiciones de semiprotegido. *Centro Agrícola*. 40: 23-28.

**Pérez CA, Rojas SJ, Montes VD. 2011.** Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Rev. Colombiana Ciencia Animal*. 3: 366-385.

**Phillips JM, Hayman DS. 1970.** Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. BR. Mycol. Soc.* 55: 158-161.

**Reyes Jaramillo I. 2011.** La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo. *ContactoS*, 81: 17-23.

**Rillig MC, Mummey D. 2006.** Mycorrhizas and soil structure. *New Phytology*. 171: 41-53.

**Sánchez de Prager M. 2007.** Las Endomicorrizas: *Expresión bioedáfica de importancia en el trópico*. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

**Sieverding E. 1991.** *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management Tropical Agrosystems*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Germany.

**Smith SE, Gianinazzi-Pearson V. 1998.** Physiological interactions between symbionts in vesicular arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 39: 221-244.