

Multiplicación de propágulos infectivos HMA en una plantación de morera (*Morus alba* L.)

*Multiplication of AMF infective propagules in a mulberry (*Morus alba* L.) plantation*

Gertrudis Pentón¹, Katherine Oropesa¹ y P.L. Peñalver²

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”,
Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Ministerio de Educación Superior
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
E-mail: gertrudis.penton@indio.atenas.inf.cu

²Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Cuba

RESUMEN

Se realizó un ensayo de campo en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, sobre un suelo Ferralítico Rojo de buen drenaje superficial e interno, con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización mineral y el intercalamiento de *Canavalia ensiformis* (canavalia) inoculada con HMA, en la multiplicación de propágulos infectivos en una plantación de morera (*Morus alba* L.). El marco de siembra de la morera fue de 1,0 x 0,50 m (20 000 plantas/ha). El área de la plantación fue de 384 m², con 40 plantas en las parcelas. El forraje se cosechó con un intervalo de 90 días, a una altura de 30 cm. Los esquemas evaluados fueron: testigo (sin fertilización y sin intercalamiento de canavalia, SFCHMA); incorporación de HMA a través del intercalamiento de canavalia, sin fertilización mineral (SFCHMA); fertilización mineral (F) e incorporación de HMA a través del intercalamiento de canavalia, con fertilización mineral (FCHMA). La canavalia se sembró inoculada con HMA a 0,5 m de la morera, en los primeros 15 días de crecimiento de esta a partir del corte, al inicio de cada época. El diseño fue de bloques al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. Se evidenció un contenido bajo de propágulos infectivos nativos en la rizosfera de la plantación de morera (190-295 esporas/50 g). El efecto de FCHMA fue altamente significativo en la multiplicación de propágulos infectivos durante la época lluviosa y en los primeros 45 días de la poca lluviosa (370 y 469 esporas/50 g, respectivamente), mientras que propició aumentos de la materia orgánica y el K del suelo. Se concluye que la combinación de la fertilización mineral con la incorporación de HMA a través del intercalamiento de canavalia constituye una vía eficaz para multiplicar los propágulos infectivos HMA hasta niveles intermedios.

Palabras clave: *Canavalia ensiformis*, inoculación, *Morus alba*, propágulos

ABSTRACT

A field essay was conducted at the Experimental Station of Pastures and Forages “Indio Hatuey”, on a Ferralitic Red soil of good surface and internal drainage in order to evaluate the effect of mineral fertilization and intercropping of *Canavalia ensiformis* (jack-bean), inoculated with AMF, on the multiplication of infective propagules in a mulberry (*Morus alba* L.) plantation. The mulberry planting frame was 1,0 by 0,50 m (20 000 plants/ha). The plantation area was 384 m², with 40 plants in the plots. The forage was harvested with a 90-day interval at a height of 30 cm. The evaluated treatments were: control (without fertilization and without intercropping of jack-bean, WFWJBAMF); AMF incorporation through the intercropping of jack-bean, without mineral fertilization (WFJBAMF); mineral fertilization (F) and AMF incorporation through intercropping of jack-bean, with mineral fertilization (FJBAMF). The jack-bean was planted inoculated with AMF at a distance of 0,5 m from mulberry, in the first 15 days of growth of this plant since cutting, at the beginning of each season. The design was randomized blocks with factorial arrangement and three repetitions. Low content of native infective propagules was evidenced in the rhizosphere of the mulberry plantation (190-295 spores/50 g). The effect of FJBAMF was highly significant on the multiplication of infective propagules during the rainy season and during the first 45 days of the dry season (370 and 469 spores/50 g, respectively), while it contributed to increase the organic matter and K contents of the soil. It is concluded that the combination of mineral fertilization with AMF incorporation through the intercropping of jack-bean constitutes an effective procedure to multiply the AMF infective propagules up to moderate levels.

Key words: *Canavalia ensiformis*, inoculation, *Morus alba*, propagules

INTRODUCCIÓN

La pérdida de la autosuficiencia alimentaria en el planeta es consecuencia, entre otras razones, de la adopción de modelos tecnológicos basados en el empleo irracional de insumos que no están acordes con las exigencias de nuestros países. Dichos modelos han provocado daños ecológicos en las áreas rurales de las zonas tropicales y subtropicales, con el consiguiente agotamiento de los recursos naturales, la erosión y la pérdida natural de la fertilidad de los suelos, así como la reducción alarmante de la biomasa y de la diversidad biológica (Martín, 2009). Ante esta situación, resulta impostergable desarrollar alternativas más apropiadas sobre la base de un uso razonable de los recursos endógenos, manejados a partir del conocimiento de cada uno de los elementos que los integran, con un enfoque holístico que fortalezca la sostenibilidad de los agroecosistemas (Ferrera y Alarcón, 2001).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) constituyen uno de los elementos del entorno agrícola, y forman parte de una amplia gama de microorganismos del suelo utilizados en la producción de biofertilizantes (Calderón y González, 2007). Entre ellos pueden encontrarse *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (bacterias o simbióticos fijadores de N₂), rizobacterias de vida libre o asociadas (fijadores de N₂ y/o estimuladores del crecimiento vegetal), *Azotobacter*, *Azospirillum* y bacterias solubilizadoras de P.

La efectividad micorrízica arbuscular puede ser interpretada de diferentes maneras. Se relaciona más con el rendimiento de un determinado cultivo, o sea, la efectividad de un endófito en el crecimiento de la planta; con la transferencia de nutrientes por unidad de carbohidratos intercambiados durante la simbiosis y con el número de propágulos en el ecosistema natural. Su alto impacto se garantiza con prácticas de manejo que estimulan la multiplicación de propágulos infectivos y su permanencia (González *et al.*, 2008).

En tal sentido, los abonos verdes como fuente de nutrientes y de materia orgánica *in situ* garantizan el suministro de nutrientes necesarios para una micorrización efectiva, y permiten disminuir o sustituir el uso y transportación de las fuentes clásicas de

abono orgánico (humus de lombriz, estiércol), con lo que se reduce la dependencia del “exterior” del sistema (Rivera y Fernández, 2003).

De ahí que el objetivo del presente estudio fuera evaluar el efecto de la fertilización mineral y de la inoculación de hongos micorrízico arbusculares, a través del intercalamiento de un cultivo temporal, en la multiplicación de propágulos infectivos en una plantación establecida de morera (*Morus alba*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, del municipio Perico –provincia de Matanzas, Cuba–, situada entre los 22° 48’ 7” de latitud Norte y los 81° 2’ de longitud Oeste, a 19,9 msnm.

El suelo del lugar es del tipo Ferralítico Rojo (Hernández *et al.*, 2003), con buen drenaje superficial e interno y con una población nativa media de hongos micorrízico arbusculares de 299 esporas/50 g de suelo. En la tabla 1 se puede observar que la composición química de este se caracterizó por una baja disponibilidad de minerales, con concentraciones bajas de K₂O y contenidos medios de materia orgánica. El pH fue entre ligeramente ácido y neutro, según Martín Alonso (2011).

El ensayo se realizó durante dos años, a partir del establecimiento de la plantación de morera (12 meses posteriores a la siembra). El marco de siembra fue de 1,0 x 0,50 m, equivalente a 20 000 plantas/ha. El área de la plantación fue de 384 m² y en las parcelas experimentales había 40 plantas. El forraje se cosechó con un intervalo de 90 días y se cortó a una altura de 30 cm. La fertilización mineral se aplicó al inicio de cada época, a razón de 150 y 75 kg de N y K/ha/época, respectivamente. En los tratamientos con canavalia (*Canavalia ensiformis*) se asoció un surco de esta, inoculado con HMA, a la distancia de 0,5 m de la morera. La siembra de la canavalia coincidió con los primeros 15 días de crecimiento de la morera después del corte, al inicio de cada época. La distancia entre plantas de canavalia (narigón) fue de 0,4 m.

El producto comercial empleado para inocular los hongos micorrízicos fue EcoMic®. La cepa de HMA (*Glomus hoi-like*) se obtuvo a partir de un inóculo

Tabla 1. Características iniciales del horizonte cultivable en el área experimental.

	Potasio	Calcio (cmol/kg)	Magnesio	Fósforo (ppm)	Materia orgánica (%)	pH (H ₂ O)
Valor inferior	0,1	9,4	2,4	7	1,5	6,2
Valor superior	0,25	13,3	4,8	48	3,53	7,0

micorrízico certificado (Fernández, Gómez, Martínez y Noval, 2001), el cual se produce en el departamento de biofertilizantes y nutrición de plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (Mayabeque, Cuba). Este inóculo contenía 20 esporas por gramo de inoculante. La inoculación se realizó por el método de recubrimiento de las semillas. A los 60 días de sembradas, las plantas de canavalia se cortaron y arroparon sobre el surco de morera, lo que propició su descomposición lenta y natural en función de lograr una mayor multiplicación de propágulos infectivos (Rivera y Fernández, 2003; Peña *et al.*, s.f.).

La fertilización mineral y el intercalamiento de canavalia inoculada con HMA fueron los factores de estudio. Los esquemas de manejo fueron los siguientes:

Fertilización mineral	Intercalamiento de canavalia inoculada con HMA
Sin fertilización	Sin intercalamiento (SFSCHMA): control Con intercalamiento + HMA (SFCHMA)
Con fertilización	Sin intercalamiento (F) Con intercalamiento + HMA (FCHMA)

Se evaluó el número de esporas por 50 g de suelo. Las muestras se tomaron a los 45 días de iniciado el ensayo en las parcelas testigo y en el tratamiento con fertilización mineral, para caracterizar la población nativa de HMA. Asimismo, se tomaron muestras en todos los esquemas de manejo a los 45 días posteriores a la intervención de la época poco lluviosa, y a los 180 días después de la intervención de cada época.

Al inicio de la época lluviosa de cada año se determinó: el contenido de potasio y el de fósforo en la capa arable del suelo, por el método de Oniani (1964); el contenido de materia orgánica en dicha capa, por el método de Walkley-Black.

El diseño fue de bloques al azar, con arreglo factorial y tres repeticiones. El procesamiento de los resultados se basó en el análisis descriptivo de la composición química del suelo, y se empleó ANOVA a través del modelo General Lineal para analizar el desarrollo de los propágulos infectivos de HMA. Para la comparación de medias se utilizó la dócima de Duncan (1955), con la ayuda del paquete estadístico InfoStat versión libre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en el tratamiento testigo y en el de fertilización sola (tabla 2) permitieron considerar entre medio y bajo el contenido de propágulos infectivos nativos en la rizosfera de la plantación de morera, según la clasificación de Ruiz (2001) y Rivera y Fernández (2003), quienes plantean que la presencia de dichos propágulos en una densidad menor de 200 esporas/50 g de suelo se considera baja; media, cuando está entre 300 y 500 esporas/50 g de suelo; y alta, cuando supera las 600 esporas/50 g de suelo.

Al respecto, se conoce que los HMA son simbiontes obligatorios y su distribución en los suelos cultivados está fuertemente influenciada por la vegetación. El número de esporas de HMA se incrementa significativamente con el aumento del número de especies vegetales presentes (Chen, Tang, Fung y Shimizu, 2004), lo que no ocurre en la morera en monocultivo. Peña *et al.* (2006), al analizar la frecuencia de aparición de esporas nativas de HMA por tipo de cobertura, encontraron que los sistemas agroforestales, seguidos por el bosque natural, presentaron los mayores promedios de colonización radical (por encima de 30 %). Por el contrario, las coberturas de parcelas, el monocultivo y los potreros mostraron los porcentajes más bajos. En otro estudio, estos autores demostraron que la simbiosis micorrízica arbuscular nativa fue más efectiva en ecosistemas con coberturas altamente heterogéneas;

Tabla 2. Efecto de los esquemas de manejo en la multiplicación de propágulos infectivos (número de esporas por 50 g de suelo).

Esquema	Noviembre (180 días posteriores a la intervención en lluvia)	Diciembre (45 días posteriores a la intervención en seca)	Mayo (180 días posteriores a la intervención en seca)
SFSCHMA	295 ^b	210 ^b	190 ^b
SFCHMA	350 ^{ab}	510 ^a	278 ^a
F	335 ^{ab}	202 ^b	182 ^b
FCHMA	370 ^a	469 ^a	233 ^{ab}
EE ± log (x)	0,30*	0,55*	0,24*

Letras distintas en la vertical indican diferencias significativas $P < 0,05$ (Duncan, 1955).

* $P < 0,05$

de ahí la importancia de promover sistemas de producción agrícola biodiversos (Peña, Cardona, Arguelles y Arcos, 2007), que minimizan la fragilidad de las plantaciones de monocultivo, como es el caso de la morera para forraje.

En cuanto a la multiplicación del contenido de propágulos infectivos en el suelo, se apreció que después de dos años de manejo con los diferentes tratamientos el efecto de la combinación FCHMA fue significativo en la época de lluvia, respecto al testigo (tabla 2); mientras que los esquemas de fertilización mineral sola (F) y canavalia intercalada (SFCHMA) no difirieron de este.

La inoculación con HMA en la época de seca en los esquemas SFCHMA y FCHMA se manifestó en una proliferación significativa de los propágulos infectivos después de los 45 días de la intervención, lo que no se logró con la fertilización mineral sola.

La superioridad del esquema FCHMA, después de seis meses de intervención, se corresponde con los criterios de Martín (2009), quien demostró en sistemas de rotación de cultivos el alto efecto de permanencia del proceso de simbiosis sobre el cultivo posterior al inoculado. En el caso de los cultivos perennes, se conoce que la persistencia de estructuras simbióticas está directamente relacionada con la renovación radical: la simbiosis micorrízica genera ciclos de funcionamiento, los cuales se renuevan cada cierto tiempo con el cambio de las raíces (Rivera y Fernández, 2003). En el caso de la plantación de morera, el ciclo de crecimiento vegetativo se reinicia a intervalos de tres meses, lo que garantiza una constante renovación del sistema radical.

Se conoce que el desarrollo de las estructuras de hongos micorrízicos depende, en gran medida, de la disponibilidad de los nutrientes necesarios para complementar los requerimientos de las plantas. En el presente estudio, dicha disponibilidad se garantizó con la fertilización mineral de N y K, combinada con la canavalia incorporada al suelo (figs. 1, 2 y 3). En los esquemas con fertilización se duplicó el potasio disponible en el suelo (fig. 1); mientras que el esquema de intercalamiento de canavalia sin fertilización sufrió un ligero decrecimiento en la concentración de este elemento (0,03 meq/100 g), al comparar los dos años.

En cuanto al contenido de P en el suelo, los tratamientos con fertilización sufrieron ligeros decrecimientos con respecto al primer año; sin embargo, el esquema SFCHMA favoreció la estabilidad de este (fig. 2), así como el aumento de la materia orgánica (fig. 3). Este último aspecto tuvo una tendencia similar en todos los tratamientos, con aumentos

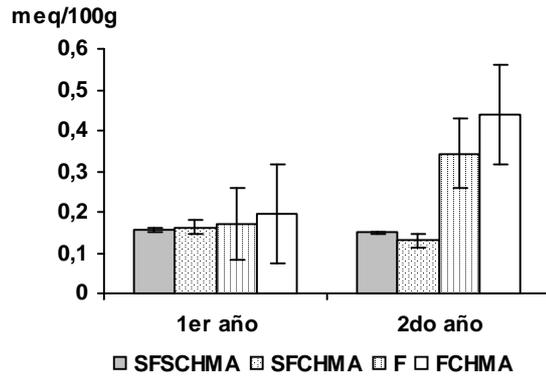


Fig. 1. Efecto del esquema de manejo en el contenido de K en el suelo.

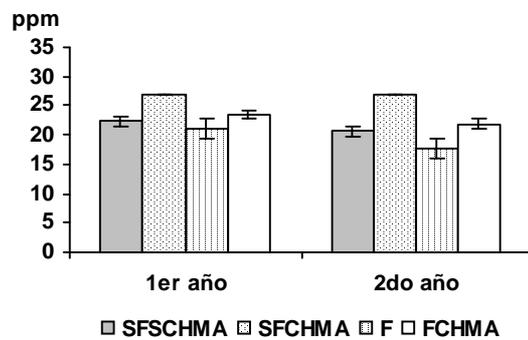


Fig. 2. Efecto del esquema de manejo en el contenido de P en el suelo.

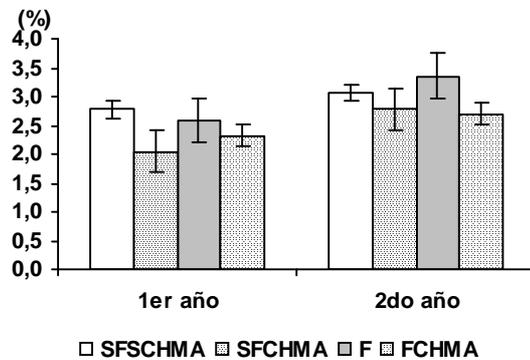


Fig. 3. Efecto del esquema de manejo en el contenido de materia orgánica en el suelo.

porcentuales entre 0,29 y 0,77 unidades, lo cual está relacionado con el propio ciclo productivo del cultivo de la morera para corte y acarreo.

Estos resultados coinciden con lo informado por Ochoa (2007), quien señaló que las plantas de canavalia son capaces de incrementar en un año el contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo en 7,36 ppm; mantener en equilibrio la concentración de potasio, con pequeñas pérdidas (0,05 meq/100 g); y

propiciar ligeros aumentos de la materia orgánica en el suelo.

Varios autores plantean que los mayores efectos de la inoculación con cepas eficientes de HMA se alcanzan con una disponibilidad media de nutrientes en el suelo. Si la disponibilidad es baja o nula, la simbiosis no funciona adecuadamente y la efectividad de la inoculación es baja (Mohammad, Mitra y Khan, 2004; Gamper, Hartwig y Leuchtman, 2005). Se estima que la asociación entre el hospedante y los HMA consume entre 5 y 10 % de los productos de la fotosíntesis, lo que será compensado si la planta se encuentra en condiciones subóptimas de suministro de nutrientes (Siqueira y Franco, 1988). Para que la simbiosis sea eficiente, la disponibilidad de nutrientes en el sistema debe ser inferior a la comúnmente utilizada para las plantas no micorrizadas. La obtención de plantas con un óptimo crecimiento en presencia de cantidades menores de nutrientes se debe al incremento en la eficiencia del proceso de absorción por las plantas micorrizadas y, por tanto, al aumento del coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes (Rivera y Fernández, 2003). Por el contrario, la alta disponibilidad de nutrientes hace decrecer la presencia de estructuras micorrízicas en el interior de las raíces, lo que indica que la disminución en la efectividad micorrízica es consecuencia de un mal funcionamiento o de la inhibición de la simbiosis. De ahí que en la presente investigación se utilizara una dosis de fertilización nitrogenada y potásica por debajo de lo óptimo recomendado por Martín (2004), que propició los mayores valores de propágulos infectivos al combinarse con una leguminosa de ciclo corto, intercaldada de forma espaciada e inoculada con HMA.

La baja población nativa de HMA en las parcelas testigo (tabla 2), con valores entre 295 y 190 esporas/50 g de suelo, corroboró la necesidad de introducir artificialmente estos microorganismos a través de la inoculación y favorecer así la simbiosis, ya que en los suelos de baja fertilidad se hace necesaria una mayor cantidad de estructuras fúngicas para garantizar el funcionamiento adecuado de la simbiosis (Azcón, Ambrosano y Charest, 2003).

A partir de los resultados obtenidos se concluye que la presencia de propágulos infectivos nativos dentro de la plantación establecida de morera fue baja, con valores que oscilaron entre 190 y 299 esporas/50 g, por lo que la inoculación de HMA a través de canavalia complementada con fertilización mineral constituyó una vía para elevar hasta niveles medios la presencia de los propágulos e incrementar algunos indicadores de la calidad del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azcón, R.; Ambrosano, E. & Charest, C. 2003. Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. *Plant Science*. 165:1137.
- Calderón, Maida & González, P.J. 2007. Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico rojo lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. *Cultivos Tropicales*. 28:33.
- Chen, X.; Tang, J.; Fang, Z. & Shimizu, K. 2004. Effects of weeds communities with various species numbers on soil features in a subtropical orchard ecosystem. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 102 (3):377.
- Fernández, F.; Gómez, R.; Martínez, M.A. & Noval, B.M. de la. 2001. Producto inoculante micorrizógeno. Patente No. 22 641. Cuba.
- Ferrera Cerrato, R. & Alarcón, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo*. 8 (2):175.
- Gamper, H.; Hartwig, V.A. & Leuchtman, A. 2005. Mycorrhizas improve nitrogen nutrition of Trifolium repens after 8 yr of selection under elevated atmospheric CO₂ partial pressure. *New Phytologist*. 167:531.
- González, P.J.; Plana, R.; Rivera, R.; Fernández, F. & Arbola, J. 2008. Efectos de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en pastos del género Brachiaria, cultivados en suelo Pardo Mullido. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 42:101.
- Hernández, A.; Ascanio, M.; Cabrera, A.; Morales M.; Medina, N. & Rivero, L. 2003. Nuevos aportes a la clasificación genética de suelos en el ámbito nacional e internacional. Instituto de Suelos-Ministerio de la Agricultura/AGRINFOR, La Habana. 145 p.
- Martín Alonso, N.J. 2011. Tabla de interpretación de análisis de suelo. Monografía. Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba. 24 p.
- Martín, G.J. 2004. Evaluación del comportamiento agronómico y sus efectos en el rendimiento y la composición bromatológica de *Morus alba* L. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. 105 p.
- Martín, Gloria M. 2009. Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, la *Canavalia ensiformis* y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. 131 p.

- Mohammad, A.; Mitra, B. & Khan, A.G. 2004. Effects of sheared-root inoculum of *Glomus intraradices* on wheat grown at different phosphorus levels in the field. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 103 (1):245.
- Ochoa, M. 2007. Adaptación de seis especies de cultivos de cobertura en la producción de mango en la comunidad "La Playa de Ambuquí". En: Informe anual del Programa de Apoyo a Investigaciones sobre Cultivos –CCRP. Proyecto COBERAGRI: "Una iniciativa de investigación liderada por agricultores sobre la aplicación de los principios de agricultura de cobertura en las tierras altas de los Andes". p 21. http://mcknight.ccrp.cornell.edu/program_docs/project_documents/AND_05-112_coverag05-112_coverag_yr2_06-07_vweb_S.pdf. [20/11/2011]
- Oniani, O.G. 1964. Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución de los suelos Krasnozen y Podzólicos en Georgia. *Agrojima*. 6:25.
- Peña, C.P.; Cardona, G.I.; Arguelles, J.H. & Arcos, A.L. 2007. Micorrizas arbusculares del sur de la amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*. 37 (3):327.
- Peña, C.P.; Cardona, G.I.; Mazorra, A.; Arguelles, J.H. & Arcos, A.L. 2006. Micorrizas arbusculares de la amazonia colombiana. Catálogo ilustrado. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Colombia. 90 p.
- Peña, F.; Rivero, M.; Cabrera, E.; Hernández, C.; León, G.; Aguilar, Y.; Llenez, J.M. & Alfonso, C. s.f. Manual para el manejo del abonado verde en suelos erosionados dedicados a cultivos varios. [CD-ROM] Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, Cuba. p. 31.
- Rivera, R. & Fernández, K. 2003. Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. (Eds. R. Rivera y K. Fernández). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. 166 p.
- Ruiz, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos pardos y ferralíticos rojos de la región central de Cuba. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. 100 p.
- Siqueira, J.O. & Franco A.A. 1988. Biotecnología do solo. Fundamentos e Perspectiva. EC-ESAL-FAEPE-ABEAS. Brasilia, D.F. 235 p.

Recibido el 25 de enero del 2012

Aceptado el 19 de octubre del 2012