

SELECCIÓN DE LAS CEPAS DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) MÁS EFECTIVAS PARA LA *Canavalia ensiformis* CULTIVADA EN SUELO FERRALÍTICO ROJO

Gloria M. Martín[✉], Lianne Arias y R. Rivera

ABSTRACT. Some green manure species can increase the potential content of soil mycorrhizal fungi, since they improve P absorption and the subsequent crop yields, compared to fallow systems. This experiment was conducted with this purpose in 5-kg-capacity pots containing Nitisol from September to November 2007 and 2008. A randomized complete experimental design was used with six replicates. Treatments consisted of sowing two seeds of *Canavalia ensiformis* per pot besides adding 10 g of certified inoculum (25 AMF spores.g⁻¹ inoculum), selecting strains from *Glomus mosseae*, *Glomus claroideum* and *Glomus hoi-like* species out of INCA's strain bank. Non-inoculated plants and non-sterilized soil were used as check control. Dry weight, leaf analysis and AMF spore count were determined and the best results were obtained by *Glomus hoi-like*. Results showed a notable NPK absorption difference between strain-inoculated plants and the non-inoculated control. A soil AMF spore multiplication effect was observed, after cutting strain-inoculated jackbean plants. The positive answer to AMF inoculation depends on two factors: the inoculated species and substrate nutrient richness.

RESUMEN. Algunas especies micótrofas de abonos verdes pueden aumentar el contenido potencial de inóculos micorrízicos en el suelo, mejorando la absorción de P y los rendimientos del cultivo posterior, en comparación con los sistemas en barbecho. Con ese fin se realizó este experimento en macetas de 5 kg de capacidad, conteniendo suelo Ferralítico Rojo lixiviado, desde septiembre hasta noviembre de 2007 y 2008. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con seis réplicas. Los tratamientos consistieron en sembrar dos semillas de *Canavalia ensiformis* por maceta y añadir 10 g de inóculo certificado (25 esporas de HMA.g⁻¹ de inóculo), empleando cepas de las especies *Glomus mosseae*, *Glomus claroideum* y *Glomus hoi-like*, procedentes de cepario del INCA. Como testigo se utilizaron plantas sin inoculación de HMA y suelo sin esterilizar. Se hicieron determinaciones de masa seca, análisis foliar y conteo de esporas de HMA, obteniéndose los mejores resultados con la cepa *Glomus hoi-like*. Los resultados arrojaron una marcada diferencia en la absorción de NPK en las plantas inoculadas con distintas cepas respecto al testigo sin inoculación. Se observó un efecto de multiplicación de las esporas de HMA en el suelo, después del corte de las plantas de canavalia inoculadas con diferentes cepas. La respuesta positiva a la inoculación con HMA depende de dos factores: la especie inoculada y la riqueza en nutrientes del sustrato.

Key words: canavalia, fungi, arbuscular mycorrhizae, inoculation, absorption, mineral nutrients

Palabras clave: canavalia, hongos, micorrizas arbusculares, inoculación, absorción, nutrientes minerales

INTRODUCCIÓN

La *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. empleada como abono verde brinda efectos positivos en la fertilidad del suelo, como son la solubilización de elementos minerales, el aumento de la capacidad de retención de agua, la reducción del lavado y lixiviación de nutrientes, además, favorece el ambiente para la actividad microbiana del suelo (1, 2, 3, 4).

La canavalia es una especie muy bien adaptada a las condiciones de Cuba, debido a su vigoroso crecimiento,

fija grandes cantidades de N vía FBN y recicla cantidades apreciables de P y K.

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas existentes entre ciertos hongos del suelo y las raíces de plantas superiores. Los hongos se benefician con el suministro de fuentes carbonadas provenientes de la planta y esta, a su vez, por la mayor exploración del suelo a nivel de raíces facilitadas por los hongos, aumentando la capacidad de absorción de nutrientes minerales, lo que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas (5, 6).

La asociación de abonos verdes con HMA es un aspecto muy relevante, pues puede provocar modificaciones cualitativas y cuantitativas en la población de estos hongos del suelo. De esta manera, algunas especies de abonos verdes micótrofas pueden aumentar el contenido potencial de inóculos micorrízicos en el suelo, mejorar la absorción de P y los rendimientos del cultivo posterior, en comparación con los sistemas en barbecho (7).

Dra.C. Gloria M. Martín, Investigadora Agregada, Lianne Arias, Especialista y Dr.C. R. Rivera, Investigador Titular 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.

✉ gloriarm@inca.edu.cu

Algunos resultados indican aumento de los propágulos micorrízicos en el suelo con rotaciones que incluyen el empleo de la canavalia como abono verde (8), aunque no se han hecho evaluaciones de respuesta de esta especie a inoculaciones con diferentes cepas de HMA.

Sin embargo, es necesario corroborar si existe baja especificidad cepa-cultivo, como base para el futuro empleo de especies de abono verde para la reproducción de cepas de HMA en el suelo.

Es por ello que este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la respuesta de la canavalia a la inoculación con diferentes cepas de HMA en un suelo Ferralítico Rojo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la respuesta de la canavalia a la inoculación con diferentes cepas de HMA, se ejecutó un experimento en macetas de 5 kg de capacidad, en el departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) desde septiembre hasta noviembre del 2007 y 2008. Las macetas contenían suelo Nitisol Ródico Éutrico (9), cuyas características se presentan en la Tabla I.

Tabla I. Algunas características del suelo Ferralítico Rojo lixiviado utilizado

Año	pH	MO (%)	P (mg.kg ⁻¹)	Ca	Mg	K (cmol.kg ⁻¹)	Na	Número esporas HMA.50 g ⁻¹ suelo
2007	7.05	3.50	90.50	13.15	2.20	0.46	0.17	84.50
2008	7.36	3.79	122.60	16.84	2.66	1.15	0.21	81.60

Determinaciones químicas: pH H₂O potenciómetro, MO Walkley Black, P Oniani, cationes NH₄Ac pH 7, no. esporas HMA (10)

La especie *Canavalia ensiformis* se inoculó con tres especies de HMA: *Glomus mosseae* (Nicol. & Berd. enmendado por Gerderman & Trappe) cepa INCAM 2; *Glomus claroideum* (Schenk & Smith) cepa INCAM 8 y *Glomus hoi-like*, cepa INCAM 4, todas procedentes del cepario del INCA y un testigo sin inoculación. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con seis repeticiones.

En cada una de las macetas se sembraron dos semillas de canavalia y a los 15 días después de la germinación se dejó una planta por maceta. Para la inoculación micorrízica en cada maceta, debajo de las semillas, se aplicaron 10 g de inoculante con una concentración superior a las 25 esporas de HMA por gramo de inoculante, según la metodología descrita por Sieverding (11).

A los 60 días después de la germinación, se procedió al muestreo de suelo de las macetas para el conteo de esporas de HMA, a la extracción de las plantas completas para determinar la masa seca total y el contenido de nutrientes (N, P, K), así como a la determinación de los porcentajes de colonización y densidad visual.

Se realizaron las siguientes determinaciones:

Masa seca. Secando en estufa las plantas extraídas a 70°C hasta alcanzar valores de peso constante.

Análisis foliar. El contenido en por ciento y la extracción de N, P, K en las muestras de los diferentes órganos de las plantas y como porcentaje de masa seca.

⇒ Nitrógeno: Digestión húmeda con H₂SO₄+Se y la determinación colorimétrica con el reactivo de Nessler

⇒ Fósforo: Digestión húmeda con H₂SO₄+Se y la determinación colorimétrica con el método del molibdato de amonio

⇒ Potasio: Digestión húmeda con H₂SO₄+Se y la determinación con fotometría de llama.

La extracción se calculó a partir de los datos de masa seca y la correspondiente concentración de cada elemento (% N, P, K) por la siguiente fórmula:

Extracción de N, P, K= [Masa seca x concentración del elemento (%)]/100

Muestreo de raíces. Se motearon las raíces de las plantas muestreadas, se lavaron con agua corriente, eliminando todo el suelo y después se secaron al aire. Con posterioridad se tomaron las raicillas más finas y se desmenuzaron. Para las determinaciones se tomaron 200 mg de raicillas por tratamiento, para teñirlas con azul de tripan (12). La evaluación se realizó por el método de los interceptos (13).

Densidad visual. La intensidad de la colonización se realizó según la metodología de Trouvelot *et al.* (14).

Conteo de esporas de HMA. Se realizó una extracción de 50 g suelo (10), basada en el tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo. En este caso, se colectaron las esporas y demás propágulos sobre una malla de 40 µm de apertura, se separaron por centrifugación con un gradiente de sacarosa y Tween 80, y se observaron posteriormente en un microscopio óptico (20-40 x).

Procedimiento estadístico. Se hizo un análisis de varianza de clasificación simple a los datos obtenidos, empleándose el programa estadístico *Statgraphics Plus* para Windows 5.1. Las medias de los tratamientos se compararon por la prueba de Duncan (p<0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La efectividad de una cepa de HMA se manifiesta por su capacidad para colonizar a la planta huésped, influir de forma positiva en su crecimiento, desarrollo, contenido de nutrientes y rendimiento, y que la planta hospedante favorezca la multiplicación de los propágulos de dicha cepa en el suelo. A medida que una cepa tenga mayor magnitud en estos tres aspectos, mayor será su efectividad (15).

En la Tabla II se observa el comportamiento de la masa seca y el contenido de nutrientes de la canavalia en presencia de diferentes cepas de HMA.

La canavalia tuvo respuesta a la inoculación con las diferentes especies de HMA, un efecto diferenciado entre las cepas, ya que se obtuvieron los mayores incrementos de masa seca con la inoculación de *Glomus hoi-like* respecto al testigo sin inoculación y diferencias a las encontradas con las otras dos cepas durante los dos años estudiados.

Este mismo efecto se observó en la extracción de nutrientes: *Glomus hoi-like* produjo un efecto superior a las demás cepas en cuanto a contenido de K, semejante a *G. claroideum* en la extracción de N y P durante el segundo año y todas las cepas ejercieron efectos semejantes en la absorción de P en el primer año estudiado.

El contenido de nutrientes en el testigo sin inocular siempre fue significativamente inferior, de forma general, al encontrado con la presencia de las cepas de HMA *Glomus hoi-like* y *G. claroideum*, lo cual fue consecuencia del efecto que tienen los HMA en la mejora de la absorción y el contenido de nutrientes por parte de la planta hospedera.

Los efectos de la inoculación micorrízica sobre los nutrientes indicaron la importancia y los beneficios de la simbiosis efectiva en la nutrición de las plantas, más que sobre un elemento en particular (16).

La cepa de *Glomus hoi-like* estudiada ha funcionado adecuadamente en los suelos Ferrálticos Rojos, para una diversidad de cultivos, lo que indica una baja especificidad cepa eficiente de HMA-cultivo (16).

La baja especificidad cepa eficiente de HMA-cultivo significa que, para una condición edáfica dada, establece una simbiosis efectiva con cualquier cultivo dependiente

de la micorrización que se establezca en ese suelo. Los diferentes cultivos muestran distintos efectos cuantitativos por la inoculación, pero las cepas eficientes siempre son las mismas para cualquiera de los cultivos o al menos para la mayoría (17).

En este sentido, se ha demostrado que el tipo de suelo fue el criterio fundamental para definir cuáles fueron las especies y cepas eficientes para una condición edafoclimática dada, con independencia del tipo de cultivo existente (6).

En relación con la micorrización de las leguminosas, las especies tropicales responden más vigorosamente a la inoculación con HMA; además, se ha evidenciado un marcado sinergismo en la interacción tripartita *Rhizobium-leguminosas-HMA* (18).

Por otra parte, se ha observado una alta compatibilidad entre cuatro especies de *Medicago* y HMA nativo del suelo y tres especies de *Glomus* inoculadas. La masa seca y absorción de nutrientes fueron indicadores del grado de respuesta de cada especie, de acuerdo con la intensidad de la simbiosis entre el hongo y su hospedante (19).

Al analizar los indicadores del comportamiento de la simbiosis micorrízica de la canavalia, se observó un efecto de la inoculación con cepas de HMA sobre el porcentaje de colonización de las raíces de canavalia; los mayores valores se obtuvieron con la cepa *Glomus hoi-like*, con diferencias respecto a las otras dos inoculadas y el testigo sin inoculación en los dos años estudiados (Tabla III).

Este resultado estuvo en correspondencia con los contenidos de masa seca y nutrientes presentados en la Tabla II. Al existir un mejor comportamiento de la simbiosis micorrízica, se estimuló el desarrollo vegetativo de la canavalia.

Tabla II. Efecto de la inoculación con tres cepas de HMA sobre el rendimiento en masa seca y la absorción de nutrientes por la canavalia (g/maceta). Edad de las plantas: 60 ddg

Tratamientos	2007				2008			
	Masa seca total	Absorción total de nutrientes			Masa seca total	Absorción total de nutrientes		
		N	P	K		N	P	K
<i>Glomus hoi-like</i>	23.83 a	0.58 a	0.024 a	0.33 a	24.71 a	1.10 a	0.088 a	0.42 a
<i>Glomus mosseae</i>	21.17 b	0.51 b	0.021 a	0.25 bc	20.87 b	0.87 b	0.068 b	0.26 c
<i>Glomus claroideum</i>	21.00 b	0.56 ab	0.023 a	0.28 b	21.94 b	0.98 ab	0.076 ab	0.34 b
Sin inoculación	18.00 c	0.50 b	0.018 b	0.24 c	16.60 c	0.53 c	0.049 c	0.13 d
Es χ	0.44 *	0.021*	0.0008*	0.012*	0.63*	0.06*	0.0057*	0.013*

Tabla III. Efecto de la inoculación con tres cepas de HMA sobre la colonización micorrízica y la densidad visual de la canavalia a los 60 ddg

Tratamientos	2007				2008			
	Colonización		Densidad visual		Colonización		Densidad visual	
	%	arcsen?x	%	arcsen?x	%	arcsen?x	%	arcsen?x
<i>Glomus hoi-like</i>	43.67	0.72 a	1.83	0.13 a	75.75	1.06 a	4.92	0.22 a
<i>Glomus mosseae</i>	30.67	0.59 b	1.11	0.11 b	65.25	0.94 b	2.99	0.17 bc
<i>Glomus claroideum</i>	32.83	0.61 b	0.99	0.10 b	68.75	0.98 b	3.63	0.19 b
Sin inoculación	17.50	0.43 c	0.48	0.07 c	56.10	0.85 c	2.23	0.15 c
Es χ		0.023 *		0.0084 *		0.02 *		0.009 *

*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Duncan ($p < 0.05$)

% inc.: porcentaje de incremento respecto al testigo; ddg: días después de la germinación

Esto constituyó un indicador válido, que demostró las ventajas de la inoculación de las especies de abonos verdes con una cepa eficiente de HMA, pues estimuló su crecimiento y el contenido de nutrimentos, lo que redundó en mayores beneficios provocados por esta alternativa nutricional.

La dependencia micorrízica de la canavalia ha sido demostrada en algunos trabajos previos, en los que se determinó en canavalia un 52.8 % de colonización por HMA nativo del suelo y un incremento de masa seca hasta alcanzar valores de 7.32 Mg.ha⁻¹. Este resultado demostró que fue un cultivo de alto potencial de colonización por HMA, aumentó el número de propágulos infectivos en el suelo y fue capaz de propiciar la colonización del cultivo siguiente en la sucesión (20).

En la Tabla IV se muestra el número de esporas de HMA en el suelo después del corte de las plantas de canavalia a los 60 días de edad.

Tabla IV. Efecto de la inoculación de la canavalia con tres cepas de HMA sobre el número de esporas de micorrizas en el suelo después del corte de las plantas

Tratamientos	Número	2007		2008		
		log (x)	% inc.	Número	log (x)	% inc.
<i>Glomus hoi – like</i>	232.00	5.36 a	357.86	258.50	5.53 a	194.59
<i>Glomus mosseae</i>	219.50	5.30 a	332.21	176.00	5.17 b	100.57
<i>Glomus claroideum</i>	202.17	5.27 a	298.99	225.25	5.41 ab	156.70
Sin inoculación	50.67	3.80 b		87.75	4.47 c	
Es χ		0.18 *			0.079 *	

*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Duncan ($p < 0.05$)
% inc.: porcentaje de incremento respecto al testigo

La inoculación de la canavalia en este suelo fue efectiva no solo en el crecimiento y la nutrición de la canavalia, sino en la reproducción de los propágulos micorrízicos, preferiblemente de las cepas introducidas, lo cual constituyó otro beneficio obtenido con empleo de los abonos verdes.

En el tratamiento con canavalia sin inocular, casi no se multiplicó el número de esporas en el suelo, posiblemente asociado con la baja colonización obtenida en este testigo, lo cual indicó que la micorrización nativa fue poco eficiente, reflejo del funcionamiento micorrízico existente.

Por tanto, se ha planteado que los abonos verdes con una alta dependencia micorrízica pueden aumentar el contenido potencial de inóculos micorrízicos en el suelo (21). Además, la especie canavalia reprodujo las esporas de especies inoculadas de HMA o las nativas y no fue capaz de multiplicar los propágulos de HMA si estos están en muy baja cantidad en el suelo o no son activos (22).

El tipo de suelo fue el criterio fundamental para definir cuáles son las especies y cepas eficientes para una condición edafoclimática dada. La efectividad alcanzada por la inoculación de las mejores cepas para cada suelo depende del manejo que se le aplique al cultivo, la cepa de HMA empleada y el suelo (16).

Al respecto, se ha observado que la respuesta positiva a la inoculación con HMA dependió de tres factores: la especie o cepa inoculada, el contenido de propágulos existentes y la riqueza en nutrientes del sustrato (23).

En coincidencia con los resultados de esta investigación, se ha informado que con la cepa *Glomus hoi-like*, se obtienen las mayores respuestas en diversas especies de pastos y en la aclimatización de vitropántulas de *Coffea canephora* sobre suelos Ferralíticos Rojos (24, 25, 26).

Los resultados con diversos cultivos y suelos permitieron que fuera recomendada, como una cepa adecuada para las condiciones de suelo de fertilidad media y alta (27).

Los resultados indicaron que la canavalia fue un cultivo con el que *Glomus hoi-like* resultó la cepa más eficiente en suelo Ferralítico Rojo, lo que ratificó los criterios de baja especificidad cepa de HMA-cultivo, obtenidos en otras investigaciones que evaluaron la efectividad de varias cepas de HMA en diversos cultivos sobre este tipo de suelo (28).

La inoculación de la canavalia fue un método adecuado para reproducir los propágulos de la cepa eficiente de HMA, aunque es necesario evaluar en experimentos posteriores la efectividad de esta elevación de propágulos para micorrizar los cultivos siguientes.

REFERENCIAS

- Alves, B. J. R.; Zotarelli, L.; Fernandes, F. M.; Heckler, J. C.; Macedo, R. A. T. de; Boddey, R. M.; Jantalia, C. P. y Urquiaga, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. *Pesq. Agropec. Bras.*, 2006, vol. 41, no. 3, p. 449–456.
- Nieto, M.; Mariña, C.; Sánchez, L. y Fonseca, M. Los abonos verdes. Una alternativa en la producción de tabaco negro. En Congreso Científico del INCA (16:2008, nov 24–28, La Habana). Memorias. CD-ROM. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2008. ISBN 978-959-16-0953-3.
- Guerra, J. G. M. y Almeida, D. L. de. Adubação verde com leguminosas para o cultivo de hortaliças. En Congreso Científico del INCA (16:2008, nov 24–28, La Habana). Memorias. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 978-959-16-0953-3.
- Guerra, J. G. M.; Ndiaye, A.; Assis, R. L. de y Espíndola, J. A. A. Cultivos de cobertura como indicadores de procesos ecológicos. *LEISA Revista de Agroecología*, 2007, vol. 22, no. 4, p. 20–22.

5. Sánchez, C.; Caballero, D.; Cupull, R.; González, C.; Urquiaga, S. y Rivera, R. Los abonos verdes y la inoculación micorrizica de plántulas de *Coffea arabica* sobre suelos Cambisoles Gléyicos. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 1, p. 25-30.
6. Sánchez, C.; Caballero, D.; Rivera, R. y Cupull, R. Respuesta de cepas de hongos micorrizógenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de cafeto. I Parte. Suelo pardo gleyzoso. *Centro Agrícola*, 2006, vol. 33, no. 1, p. 33-38.
7. Kabir, Z. y Koide, R. T. The effect of dandelion as a cover crop on mycorrhiza inoculum potential, soil aggregation and yield of maize. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, vol. 78, p. 167-174.
8. Martín, G. M.; Rivera, R.; Arias, L. y Rentería, M. Inoculación de una cepa de HMA en la canavalia y su efecto residual en el cultivo del maíz. En: Congreso Científico del INCA (16: 2008, nov 25-28, La Habana) Memorias. [CD-ROM]. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2008. ISBN 978-959-16-0953-3.
9. FAO.AGL. World Reference Base for Soil Resources [online] 2003 [Consultado: 17-1-2007]. Disponible en: <<http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/newkey.stm>>.
10. Gerdemann, J. W. y Nicholson, T. H. Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 1963, vol. 46, p. 235-244.
11. Sieverding, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn : Technical Cooperation, Federal Republic of Germany, 1991. 371 p.
12. Phillips, D. M y Hayman, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 1970, vol. 55, p. 158-161.
13. Giovannetti, M. y Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 1980, vol. 84, p. 489-500.
14. Trouvelot, A. y Kough, J. L., Gianinazzi-Pearson, V. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un systeme racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson, V. and Gianinazzi, S., Eds. Physiological and genetical aspects of mycorrhizae. Proc. 1st Eur. Symp. On Mycorrhizae. París :Institut National de la Recherche Agronomique, 1986. p. 217-221.
15. Janos, D. P. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. *Mycorrhiza*, 2007, vol. 17, p. 75-91.
16. Rivera, R. y Fernández, K. Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Rivera, R. y Fernández, K., Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrizica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. La Habana : Ediciones INCA, 2003. 166 p.
17. Rivera, R.; Ruiz, L.; Fernández, F.; Sánchez, C.; Riera, M.; Hernández, A.; Fernández, A.; Fernández, K. y Planas, R. La simbiosis micorrizica efectiva y el sistema suelo-planta-fertilizante. En: Congreso Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo (6: 2006 mar 8-10: La Habana). Memorias. [CD-ROM] Ciudad de la Habana: Centro de Convenciones Capitolio, 2006.
18. Siqueira, J. O. y Franco, A. A. Biotecnología do solo. Fundamento e perspectivas. Brasilia: MEC-Ministerio de Educação, ABEAS; Larras: ESAL, FAEPE. 1988. 236 p.
19. Monzón, A.; Azcón, R. Relevance of mycorrhizal fungal origin and host plant genotype to inducing growth and nutrient uptake in *Medicago* species. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1996, vol. 60, no. 1, p. 9-15.
20. Souza, F. A. de; Trufin, S. F. B.; Almeida, D. L. de; Silva, E. M. R. da y Guerra, J. G. M. Efeitos de pré-cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos micorrizicos arbusculares e produção da mandioca. *Pesq. Agropec. Bras.*, 1999, vol. 34, no. 10, p. 1913-1923.
21. Simó, J.; Ruiz, L.; Rivera, R.; Varela, M.; Fundora, O.; Oliva, M. y Carvajal, D.; Morales, O.; García, J.; Lago, Y.; García, O. Contribución micorrizica en los sistemas integrados de nutrición y fertilización de bananos en Cuba. En Congreso Científico del INCA (16:2008, nov 24-28, La Habana). Memorias. [CD-ROM] La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2008. ISBN 978-959-16-0953-3.
22. Filho, P. F. M. Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano. [Tese Doutorado]. Piracicaba : Escola Superior de Agricultura Liuz de Queiroz, 2004. 89 p.
23. Blanco, F. A. y Salas, E. A. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 1997, vol. 21, no. 1, p. 55-67.
24. González, M. E. y Rodríguez, Y. Respuesta de plantas de *Coffea canephora* a la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares durante la fase de aclimatización. *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 1, p. 13-16.
25. 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 micorrizógenos arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 3, p. 33-37.
26. González, P. J.; Arzola, J.; Rivera, R.; Ramírez, J. F.; Plana, R. y Cruz, M. Bases para el manejo de las asociaciones micorrizicas en agroecosistemas de pastizales. En: II. Taller nacional de fertilidad de los suelos de la ganadería. (II : 2008, 29-30 abril : La Habana).[CD-ROM] La Habana : Instituto de Ciencia Animal. Departamento de Pastos y Forrajes, Grupo ICASoft, 2008.
27. Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, K.; Ruiz, L.; Sánchez, C. y Riera, M. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. En: Hamel, Ch. and Plenchete, Ch., Eds. Mycorrhizae in Crop Production. New York: Haworth Food & Agricultural Products Press, 2007. p.151-196. ISBN: 1560223073.
28. González, P. J.; Arzola, J.; Morgan, O.; Rivera, R.; Plana, R. y Fernández, F. Manejo de las asociaciones micorrizicas en pastos del género *Brachiaria* cultivados en suelos Ferralítico Rojo y Pardo Mullido. En Congreso Científico del INCA (16: 2008, nov 24-28, La Habana). Memorias. [CD-ROM]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 978-959-16-0953-3.

Recibido: 26 de enero de 2009

Aceptado: 29 de octubre de 2009