

RELACIÓN ENTRE LA RESPUESTA DE *Canavalia ensiformis* A LA INOCULACIÓN MICORRÍZICA Y ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Relationship between *Canavalia ensiformis* response to mycorrhizal inoculation and some chemical properties of soil

Gloria M. Martín Alonso^{1✉}, Yonger Tamayo Aguilar²,
Juan F. Ramírez Pedroso³, Mario Varela Nualles¹
y Ramón Rivera Espinosa¹

ABSTRACT. In Cuba, it has been carried out investigations related with the inoculation of species of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) in diverse crops and soil types, being that, for a same soil type, the species that bigger stimulation of the growth of the host plant is always the same, what has allowed inferring that a high specificity efficient species of AMF exists for soil type. This work was carried out to evaluate if some properties of the soil have relationship to the response of *Canavalia ensiformis* to the AMF inoculation, cultivated in three types of soils. They were used the results of experiments conducted in Nitisol, Cambisol and Plintisol soils. The canavalia was inoculated with the species *Glomus cubense*, *Rhizophagus intraradices* and *Funneliformis mosseae*. In all the cases was used at complete randomized blocks design. The results of the behavior of the canavalia inoculated with the most efficient species and the chemical properties of the soil were processed by means of a correlation analysis through the coefficient of Pearson. Also, it was carried out an analysis of main components for all the valued indicators. It is demonstrated that the soil type, their nutrients content and the pH have a high relationship with the answer type found in canavalia, being therefore, the efficient specie that was different in each case, in correspondence with the chemical properties of the soil in each analyzed experimental situation.

Key words: green manures, nutrient content (soil), organic matter, arbuscular mycorrhizae, soil pH

RESUMEN. En Cuba se han realizado investigaciones relacionadas con la inoculación de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en diversos cultivos y tipos de suelo; encontrándose que, para un mismo tipo de suelo, la especie de mayor estimulación del crecimiento de la planta hospedante siempre es la misma, lo que ha permitido inferir que existe una alta especificidad en la especie eficiente de HMA por tipo de suelo. Este trabajo se realizó para evaluar si algunas propiedades del suelo tienen relación con la respuesta a la inoculación micorrízica de *Canavalia ensiformis*, cultivada en tres tipos de suelos. Se emplearon los resultados de experimentos conducidos en suelos Ferralítico Rojo Lixiviado, Gley Nodular Ferruginoso y Pardo mullido carbonatado. La canavalia fue inoculada con las especies *Glomus cubense*, *Rhizophagus intraradices* y *Funneliformis mosseae*. En todos los casos se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Los resultados del comportamiento de la canavalia inoculada con la especie más eficiente y las propiedades químicas del suelo se procesaron mediante un análisis de correlación a través del coeficiente de Pearson. Asimismo, se realizó un análisis de componentes principales para todos los indicadores evaluados. Se demuestra que el tipo de suelo, su disponibilidad de nutrientes y el pH tienen una alta relación con el tipo de respuesta encontrada en el cultivo de la canavalia ante la inoculación micorrízica, estando por lo tanto, la cepa eficiente, que fue diferente en cada caso, en correspondencia con las propiedades químicas del suelo en cada situación experimental analizada.

Palabras clave: abonos verdes, contenido de nutrientes (suelo), materia orgánica, micorrizas arbusculares, pH del suelo

¹ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700

² Facultad Agroforestal de Montaña, Universidad de Guantánamo, Carretera a Santiago de Cuba, Km 2 ½ Guantánamo, Cuba

³ Estación de Pastos y Forrajes de Cascajal, Villa Clara. Cruceiro Digna, Cascajal, Municipio Santo Domingo, Villa Clara

✉ gloriain@inca.edu.cu

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas empleadas como abonos verdes/cultivos de cobertura ejercen un positivo impacto sobre el ciclo de los nutrientes en los sistemas agrícolas

por tres vías diferentes: reciclado de los nutrientes en el suelo, aumento de la disponibilidad de los nutrientes para ser aprovechados por los cultivos económicos y la fijación del N_2 atmosférico, dejándolo disponible para el cultivo principal (1).

Inherente al uso de los abonos verdes se encuentra la asociación de éstos con las poblaciones nativas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y así provocar modificaciones cualitativas y cuantitativas en la población de estos hongos del suelo y en la colonización de los cultivos posteriores (2), aunque por lo general esta micorrización no llega a ser totalmente efectiva y los cultivos responden a la inoculación con especies eficientes de HMA (3).

En Cuba se han realizado varios trabajos que permiten afirmar que el tipo de suelo define cuáles son las especies de HMA eficientes para una determinada condición edafoclimática (alta especificidad suelo-especie de HMA), aunque la efectividad alcanzada por la inoculación depende del manejo dado a la planta y al suelo. Así, se informa que la especie *Rhizoglyphus intraradices* (cepa INCAM 11) es la más eficiente en suelos arcillosos de alta fertilidad, *Funneliformis mosseae* (cepa INCAM 2) favorece la colonización en suelos ácidos de baja fertilidad y la especie *Glomus cubense* (cepa INCAM 4) es más efectiva en suelos de fertilidad media a alta (4).

En correspondencia con este resultado, en estudios de selección de especies de HMA por tipos de suelo para el cultivo de *Canavalia ensiformis* empleada como abono verde realizados en Cuba se ha encontrado que la especie más eficiente de HMA dependió del tipo de suelo (5–7); sin embargo, no se ha hecho un análisis para relacionar la especie de HMA inoculada con mejor respuesta en esta planta con algunas propiedades presentes en los suelos bajo estudio.

De acuerdo con los principios de la ecología, el éxito de la simbiosis micorrízica depende no solo de los genotipos de plantas y hongos, sino también de las condiciones del ambiente (8) y aunque la influencia del suelo en los genotipos de HMA es aun pobremente entendida, algunos autores reconocen que el suelo impone una fuerte presión de selección sobre los HMA (9,10).

Hay mucha evidencia que soporta la hipótesis de que las propiedades del suelo ejercen una gran influencia en los HMA (11). Por ejemplo, el pH y los contenidos de fosfatos minerales presentes en el suelo influyeron en la diversidad y abundancia de esporas de HMA (12). Además, la diversidad y composición de la comunidad de HMA dependió fuertemente del tipo de suelo y de la intensidad del uso de la tierra (13).

Este trabajo se realizó para evaluar si algunas propiedades del suelo tienen relación con la respuesta a la inoculación micorrízica de *Canavalia ensiformis*, cultivada en tres tipos de suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuaron una serie de experimentos, en tres tipos de suelo: Pardo Mullido Carbonatado, de la Facultad Agroforestal de Montaña; Ferralítico Rojo Lixiviado, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y Gley Nodular Ferruginoso, de la Estación de Pastos y Forrajes Cascajal, ubicados en las provincias de Guantánamo, Mayabeque y Villa Clara, respectivamente.

En la Tabla I se presentan las evaluaciones realizadas a los suelos de todos los experimentos y el método de análisis químico empleado en cada caso.

Tabla I. Evaluaciones realizadas al suelo y metodología de análisis químico empleada

Evaluación	Método (14)
pH (H ₂ O)	potenciométrico, con relación suelo: solución de 1:2,5
Materia orgánica del suelo (%)	Walkley y Black
P asimilable (mg kg ⁻¹)	extracción con H ₂ SO ₄ 0,1N con relación suelo:solución 1:2,5
Cationes intercambiables (cmol _c kg ⁻¹)	extracción con NH ₄ Ac 1 Mol l ⁻¹ a pH 7 complejometría (Ca y Mg) fotometría de llama (Na y K)

Se tomaron 20 muestras de suelo por experimento, en forma muestreo aleatorio simple (15), a una profundidad de 0–20 cm (capa arable).

En todos los experimentos se estudió la respuesta de *Canavalia ensiformis* a la inoculación con diferentes especies de HMA. Como inóculo micorrízico se utilizó el producto comercial EcoMic® a base de las especies: *Glomus cubense*, cepa INCAM 4 (Y. Rodr. & Dalpé) (16), *Funneliformis mosseae*, cepa INCAM 2 (Nicol. & Gerd.) Walker & Schüßler (17) y *Rhizoglyphus intraradices*, cepa INCAM 11 (Schenck & Smith) (18), con una calidad mínima garantizada de 20 esporas g⁻¹ de inoculante, producto no tóxico y libre de patógenos, producido por el INCA (19). El producto contenía cada cepa por separado.

Se empleó un diseño de bloques al azar y cuatro réplicas en cada experimento, los tratamientos en estudio fueron las tres especies de HMA y un tratamiento sin inoculación.

La inoculación se realizó por el método de recubrimiento de la semilla, empleando una dosis de inoculante correspondiente al 10 % del peso de la semilla empleada en cada tratamiento (19). La canavalia se sembró con una distancia de plantación de 0,90x0,30 m y se dejó crecer hasta los 60 días después de la germinación (20).

En ese momento se realizaron muestreos para determinar la masa seca y las variables de funcionamiento micorrízico tales como: el porcentaje de colonización, el porcentaje de la densidad visual y el número de esporas en 50 g de suelo seco.

El conteo de esporas se realizó según el método de tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo (21). Para la determinación de la colonización micorrízica, se tomaron las raíces de las plantas colectadas hasta una profundidad de 15 cm, se lavaron con agua corriente y se secaron al aire. Se tomaron las raicillas más finas y se desmenuzaron. Para las determinaciones se pesaron aproximadamente 200 mg de raicillas que fueron secadas a 70 °C, para ser teñidas con Azul de Tripano. La evaluación se realizó por el método de los interceptos. La determinación del porcentaje de densidad visual (% DV) se realizó evaluando la ocupación fúngica de cada intercepto y se le asignó un nivel y con posterioridad, se evaluó la intensidad de la ocupación fúngica dentro de la raíz (21).

Para determinar masa seca foliar ($t\ ha^{-1}$), se tomaron los órganos aéreos de las plantas (hojas y tallos). Se pesó la masa fresca total de cada órgano por separado en una balanza Sartorius, de ahí, se tomó una fracción de 100 g de masa fresca y se puso a secar en la estufa a 70 °C hasta alcanzar valores de masa constante, posteriormente se estimó la masa seca, expresándose en $t\ ha^{-1}$.

Los datos relacionados con el comportamiento de la canavalia inoculada con la especie más eficiente y el tipo de suelo se procesaron mediante un análisis de correlación a través del coeficiente de Pearson. Asimismo, se realizó un análisis de componentes principales para todos los indicadores evaluados. Todo ello a través del paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (22).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rango de valores de las propiedades químicas analizadas fueron los típicos para estos tipos de suelos y los mismos se presentan en la Tabla II. El pH osciló de muy ácido para el suelo Gley Nodular Ferruginoso a ligeramente ácido para el Pardo Mullido Carbonatado y ligeramente alcalino para el Ferralítico Rojo Lixiviado, en correspondencia con su material de origen.

Los contenidos de materia orgánica oscilaron de bajos a mediano, debido a que son suelos bajo explotación agrícola permanente. Los contenidos de potasio intercambiable oscilaron de muy bajo a bajo en el suelo Gley Nodular Ferruginoso y en los otros suelos fue alto. El fósforo fue muy bajo en el suelo Gley y alto en los otros dos tipos de suelo. En cuanto al contenido de sodio fue muy bajo en los tres suelos, el magnesio fue bajo en el suelo Gley y en el Ferralítico y alto en el suelo Pardo. Por último, el calcio fue muy bajo en el Gley, bajo en el Ferralítico y muy alto en el Pardo (23).

El rango de valores para la capacidad de intercambio de bases (CIB) es la típica para cada tipo de suelo, muy baja para el Gley Nodular Ferruginoso, media para el Ferralítico Rojo Lixiviado y alta para el Pardo Mullido Carbonatado.

En la Tabla III se ofrece un resumen de cuáles fueron las especies de HMA más eficientes por tipo de suelo en cada experimento (5-7) y los valores alcanzados en la masa seca y las variables de funcionamiento fúngico en la canavalia.

En todos los casos la canavalia presentó valores de masa seca superiores a $5\ t\ ha^{-1}$, que es el valor mínimo de masa seca que debe aportar un abono verde para ser considerado promisorio en las condiciones tropicales (20).

Tabla II. Principales propiedades químicas de los suelos donde se ejecutaron los experimentos (0-20 cm de profundidad)

Exp	Tipo de suelo	pH (H ₂ O)	% MO	P (mg kg ⁻¹)	Na	K	Ca	Mg (cmol kg ⁻¹)	CIB
1	Pardo Mullido Carbonatado	6,9	3,04	216,0	0,56	0,61	40,0	12,5	53,67
2	Pardo Mullido Carbonatado	6,8	2,83	177,0	0,50	0,51	35,0	19,0	55,01
3	Ferralítico Rojo Lixiviado	7,05	3,50	190,5	0,17	0,46	13,15	2,2	15,98
4	Ferralítico Rojo Lixiviado	7,36	3,79	122,6	0,21	1,15	16,84	2,66	20,86
5	Ferralítico Rojo Lixiviado	7,31	3,93	292,0	0,20	0,40	13,94	4,83	19,37
6	Gley Nodular Ferruginoso	4,2	2,15	0,9	0,03	0,2	3,7	1,6	5,53
7	Gley Nodular Ferruginoso	4,7	2,45	1,4	0,08	0,1	4,2	1,8	6,18
8	Gley Nodular Ferruginoso	5,2	2,75	1,9	0,13	0,2	4,7	2	7,03

Exp: experimento. MO: materia orgánica del suelo

Tabla III. Especie eficiente de HMA para *Canavalia ensiformis*, seleccionada en cada tipo de suelo y comportamiento agronómico de las variables evaluadas en la leguminosa

Exp	Tipo de suelo	Especie de HMA	MS	Nesp	Col	DV
1	Pardo Mullido Carbonatado	<i>Rhizophagus intraradices</i>	7,12	1227	81,73	9,47
2	Pardo Mullido Carbonatado	<i>Rhizophagus intraradices</i>	6,2	698,64	77,67	9,26
3	Ferralítico Rojo Lixiviado	<i>Glomus cubense</i>	9,54	232	63,67	3,83
4	Ferralítico Rojo Lixiviado	<i>Glomus cubense</i>	9,89	258,5	75,75	4,92
5	Ferralítico Rojo Lixiviado	<i>Glomus cubense</i>	14,94	563,67	70,87	5,27
6	Gley Nodular Ferruginoso	<i>Funneliformis mosseae</i>	10,07	1054	52	2,76
7	Gley Nodular Ferruginoso	<i>Funneliformis mosseae</i>	10,19	1006	47	2,49
8	Gley Nodular Ferruginoso	<i>Funneliformis mosseae</i>	10,03	914	49	2,6

Exp: experimento. MS: masa seca ($t\ ha^{-1}$). Nesp: número de esporas de HMA en 50 g de suelo seco. Col: porcentaje de colonización micorrízica. DV: porcentaje de densidad visual

Respecto a las variables de funcionamiento fúngico, se evidencia la fuerte capacidad de esta leguminosa para establecer la simbiosis micorrízica y multiplicar la población de este hongo en el suelo, aspecto clave para la introducción y multiplicación de especies eficientes de HMA en secuencias de cultivos (3).

En Argentina se ha reportado que la mayor eficiencia de la simbiosis está en correspondencia con el tipo de suelo y sus propiedades. Los autores llegaron a esta conclusión al evaluar 36 suelos con diferente manejo agronómico, que difirieron en el comportamiento de las variables de funcionamiento fúngico, empleando siempre el mismo cultivo trampa y atribuyeron las diferencias encontradas a la variación de las propiedades químicas de los suelos en cada uno de los sitios de colecta (24).

En función de esto, en Cuba, al analizar los resultados de más de 130 ensayos de inoculación micorrízica en condiciones de campo, se llegó a la conclusión de que las propiedades del suelo influyen en el funcionamiento más efectivo de las especies que se inoculan y este aspecto es la clave para lograr el éxito en la inoculación micorrízica en condiciones de producción (11).

En la Tabla IV se muestran los resultados del análisis de correlación, en ella se puede evidenciar que el porcentaje de colonización micorrízica presentó una correlación positiva y significativa con todas las características químicas del suelo evaluadas, excepto con el contenido de materia orgánica. El porcentaje de la densidad visual presentó este tipo de correlación con los contenidos de sodio y magnesio.

Un resultado diferente se obtuvo para el número de esporas, que solo presentó correlación significativa e inversa con la materia orgánica del suelo. La masa seca de la canavalia no presentó correlaciones significativas con ninguna de las propiedades del suelo evaluadas.

Este resultado puede indicar que el funcionamiento fúngico efectivo tuvo una estrecha relación con algunas propiedades del suelo. Al respecto, se ha reportado que en presencia de una alta disponibilidad de nutrientes, la respuesta de las plantas a la inoculación micorrízica se ve limitada, aunque esta respuesta va a depender de muchos factores, entre ellos, la posible disponibilidad de un elemento en presencia de alta o baja cantidad de otro elemento químico que puede afectar la absorción de nutrientes por la planta (25).

En el caso de la masa seca es posible que la escasa correlación de la variable con las propiedades del suelo sea un efecto de la conocida rusticidad de esta planta, capaz de crecer, tanto en condiciones de baja fertilidad y disponibilidad de agua como en condiciones óptimas de suelo y clima o tal vez otros factores e incluso debido a errores en la manipulación de las muestras (26).

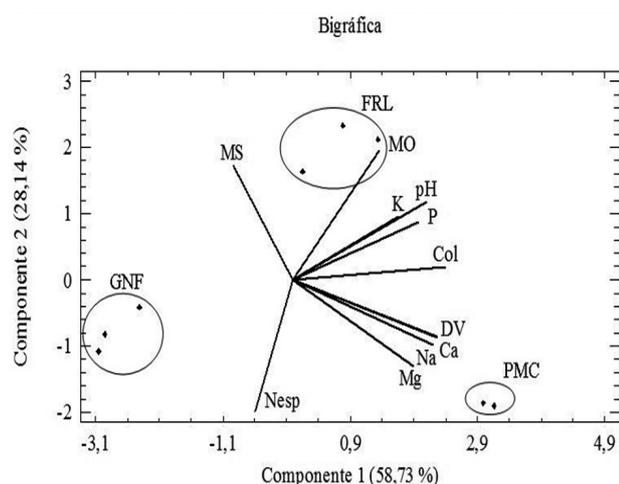
El análisis de componentes principales para las características químicas de los suelos con las variables de funcionamiento fúngico y masa seca de la canavalia (Figura), permitió separar los experimentos según el tipo de suelo. Con el análisis se formaron dos componentes, que permitieron explicar el 86,87 % de la variabilidad total, siendo el 58,73 % de la varianza explicada por la componente principal 1 (eje horizontal).

Las variables que más contribuyeron a la formación de la primera componente fueron el porcentaje de colonización micorrízica, el porcentaje de densidad visual, pH del suelo y los contenidos de P, Na, Ca y Mg. Para la segunda componente, las variables con mayor contribución fueron la masa seca de la canavalia, el número de esporas de HMA presentes en la rizosfera y el porcentaje de materia orgánica del suelo.

Tabla IV. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre las características químicas de los suelos y las variables evaluadas en *Canavalia ensiformis*

	pH	MO	P	Na	K	Ca	Mg
MS	0,0084	0,4119	0,1469	-0,6112	-0,1834	-0,6037	-0,6281
Nesp	-0,6261	-0,7464*	-0,3856	0,1498	-0,5507	0,0919	0,1906
Col	0,8587*	0,5985	0,8109*	0,8341*	0,7541*	0,8844*	0,6919
DV	0,6121	0,2297	0,6595	0,9795*	0,4434	0,9885*	0,9267*

*Correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0 %; MS: masa seca; Nesp: número de esporas de HMA en 50 g de suelo seco; Col: porcentaje de colonización micorrízica; DV: porcentaje de densidad visual; MO: materia orgánica del suelo



MS: masa seca; Nesp: número de esporas de HMA en 50 g de suelo seco; Col: porcentaje de colonización micorrízica; DV: porcentaje de densidad visual; MO: materia orgánica del suelo; GNF: suelo Gley Nodular Ferruginoso; FRL: suelo Ferralítico Rojo Lixiviado; PMC: suelo Pardo Mullido Carbonatado

Figura. Resultados del Análisis de Componentes Principales

Asimismo, se encontró una relación estrecha entre el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado y el Pardo Mullido Carbonatado y todas las variables analizadas excepto el número de esporas y la masa seca, respectivamente. En contraposición con esto, el suelo Gley Nodular Ferruginoso solo mostró una estrecha relación precisamente con las variables masa seca y número de esporas, teniendo poca relación con el resto de las variables evaluadas. Respecto a este último resultado, se ha señalado sobre los mayores beneficios para la planta hospedera al establecer una simbiosis micorrízica efectiva en suelos de baja fertilidad (4).

Es válido resaltar en la Figura como el pH del suelo tiene una estrecha relación con las variables relacionadas con la disponibilidad de nutrientes, que se agrupan en el cuadrante contrario al suelo Gley Nodular Ferruginoso, este resultado puede que indique que es el pH el principal factor que va a determinar el

grado de disponibilidad de los nutrientes por tipo de suelo, la cual es muy baja precisamente en el suelo ácido. En este tipo de suelo, ha sido reportado un incremento en la masa seca de la *Canavalia ensiformis* inoculada con *Funneliformis mosseae* respecto al control sin inocular, superior al incremento encontrado cuando esta planta es inoculada con *Glomus cubense* en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, de mayor capacidad de intercambio catiónico (10).

Esto puede que se deba porque a medida que el pH se acerca a la neutralidad y aumenta la fertilidad del suelo, la dependencia micorrízica de las plantas se hace más débil, debido a que las condiciones del suelo son más favorables para una óptima nutrición en ausencia de la simbiosis (27).

Posiblemente sea este aspecto lo que justifica el hecho de la estrecha relación entre la masa seca según el tipo de suelo, pues justamente fue en el suelo con menor fertilidad, donde se observó el mayor incremento de los rendimientos del abono verde frente a la inoculación.

Estos resultados corroboran que el tipo de suelo y su fertilidad es el criterio fundamental para definir cuál o cuáles son las especies y cepas eficientes de HMA para una condición edafoclimática dada, con independencia del tipo de cultivo existente. La explicación de este proceso significa que la cepa eficiente para una condición edáfica dada, establece una simbiosis efectiva con cualquier cultivo dependiente de la micorrización que se establezca en ese suelo.

CONCLUSIÓN

Se demuestra que el tipo de suelo y su disponibilidad de nutrientes tienen una alta relación con el tipo de respuesta ante la inoculación micorrízica encontrada en el cultivo de la canavalia, estando por lo tanto, la cepa eficiente, que fue diferente en cada caso, en correspondencia con la disponibilidad de nutrientes existente en cada situación experimental analizada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mohammadi GR, Ghobadi ME. The effects of different autumn-seeded cover crops on subsequent irrigated corn response to nitrogen fertilizer. *Agricultural Sciences*. 2010;1(3):148–53.
2. Sánchez C, Rivera R, Caballero D, Cupull R, González C, Urquiaga S. Abonos verdes e inoculación micorrízica de posturas de cafeto sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. *Cultivos Tropicales*. 2011;32(3):11–7.
3. Martín GM, Rivera R, Arias L, Pérez A. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (cepa INCAM-4), su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*. 2012;33(2):20–8.
4. Rivera R, Fernández F, Fernández K, Ruiz L, Sánchez C, Riera M. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. In: Hamel C, Plenchette C, editors. *Mycorrhizae in crop production*. Binghamton, NY: Harworth Food & Agricultural Products Press; 2007. p. 151–96.
5. Martín GM, Arias L, Rivera R. Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo Ferralítico Rojo. *Cultivos Tropicales*. 2010;31(1):27–31.
6. Tamayo-Aguilar Y, Martín-Alonso G, Corona-Ramírez Y, Barraza-Alvarez FV. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* (L) D.C. ante la coinoculación de *Rhizobium* y hongos micorrízicos arbusculares. *Hombre Ciencia Tecnología*. 2015;19(1):100–8.
7. Martín GM, Reyes R, Ramírez JF. Coinoculación de *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. con *Rhizobium* y Hongos micorrízicos arbusculares en dos tipos de suelos de Cuba. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(2):22–9.
8. Herrera-Peraza RA, Hamel C, Fernández F, Ferrer RL, Furrázola E. Soil–strain compatibility: the key to effective use of arbuscular mycorrhizal inoculants? *Mycorrhiza*. 2011;21(3):183–93.
9. Hamel C. Extraradical arbuscular mycorrhizal mycelia: shadowy figures in the soil. In: Hamel C, Plenchette C, editors. *Mycorrhizae in Crop Production*. Binghamton, NY: Haworth Press; 2007.
10. Helgason T, Fitter AH. Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (*Phylum Glomeromycota*). *J Exp Bot*. 2009;60(9):2465–80.
11. Guo YJ, Ni Y, Raman H, Wilson BAL, Ash GJ, Wang AS, et al. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity in perennial pastures; responses to long-term lime application. *Plant Soil*. 2012;351(1–2):389–403.
12. Peña-Venegas CP, Cardona GI, Arguelles JH, Arcos AL. Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amaz*. 2007;37(3):327–36.
13. Oehl F, Laczko E, Bogenrieder A, Stahr K, Bösch R, van der Heijden M, et al. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biol Biochem*. 2010;42(5):724–38.
14. Paneque PVM, Calaña NJM, Calderón VM, Borges BY, Hernández GTC, Caruncho CM. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos [Internet]. 1st ed. La Habana, Cuba: Ediciones INCA; 2010 [cited 2016 Jan 27]. 157 p. Available from: <http://mst.ama.cu/578/>
15. Bautista F, Heydrich SC, Sommer CI. Suelos. In: Bautista ZF, editor. *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. 2nd ed. México D.F.: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental - Universidad Autónoma de México - Instituto de Geografía - Universidad Autónoma de México; 2011. p. 227–58.
16. Rodríguez Y, Dalpé Y, Séguin S, Fernández K, Fernández F, Rivera RA. *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *Mycotaxon*. 2011;118(1):337–47.
17. Schüßler A, Walker C. The Glomeromycota: A species list with new families and new genera [Internet]. CreateSpace Independent Publishing Platform; 2011 [cited 2017 Mar 14]. 58 p. Available from: <https://www.amazon.com/Glomeromycota-species-list-families-genera/dp/1466388048>
18. Sieverding E, da Silva GA, Berndt R, Oehl F. *Rhizoglomus*, a new genus of the *Glomeraceae*. *Mycotaxon*. 2014;129(2):373–86.
19. Fernández F, Gómez R, Vanegas LF, Martínez MA, de la Noval BM, Rivera R. Producto inoculante micorrizógeno. Cuba; 22641, 2000.
20. García M, Treto E, Alvarez M. Época de siembra más adecuada para especies promisorias de abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultiv Trop*. 2002;23(1):5–14.
21. Mujica Y, Medina N, de la Noval PBM. Efectividad de la inoculación líquida de HMA en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en suelo Ferralítico. *Académica Española*; 2011. 75 p.
22. StatPoint Technologies. *Statgraphics Centurion* [Internet]. 2010. (Centurion). Available from: <http://statgraphics-centurion.software.informer.com/download/>
23. Marañés CA, Sánchez GJA, de Haro LS, Sánchez GST, Lozano CFJ. *Análisis de suelos. Metodología e interpretación*. 1st ed. España: Universidad de Almería; 1994. 127 p.
24. Covacevich F, Eyherabide M, Sainz Rozas H, Echeverría HE. Características químicas determinan la capacidad micotrófica arbuscular de suelos agrícolas y prístinos de Buenos Aires (Argentina). *Ciencia Suelo*. 2012;30(2):119–28.
25. Miller RM, Wilson GWT, Johnson NC. Arbuscular Mycorrhizae and Grassland Ecosystems. In: Southworth D, editor. *Biocomplexity of Plant-Fungal Interactions* [Internet]. John Wiley & Sons; 2012 [cited 2017 Mar 14]. p. 59–84. Available from: <https://books.google.com.cu/books?id=6j3RrRNNRDsC>
26. Mateus GP, Wutke EB. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. *Pesquisa Tecnológica* [Internet]. 2011 [cited 2017 Mar 14];8(103). Available from: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2006/2006-janeiro-junho/269-especies-de-leguminosas-utilizadas-como-adubos-verdes/file.html>
27. Mendoza R, Cabello M, Anchorena J, García I, Marbán L. Soil parameters and host plants associated with arbuscular mycorrhizae in the grazed Magellanic steppe of Tierra del Fuego. *Agricultural Ecosystem & Environment Journal*. 2011;140(3–4):411–8.

Recibido: 9 de diciembre de 2015

Aceptado: 22 de diciembre de 2016