

Respuesta de cepas de hongos micorrizogenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de cafeto (Parte II). Suelo fersialítico rojo lixiviado

Ciro Sánchez (1), Damián Caballero (2), Ramón Rivera (3), René Cupull (1), Ceferino González (1), Merardo Ferrer (1) e Yraida Delgado (1)

(1) Estación de Investigaciones de Café Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara, Cuba.

(2) Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba.

(3) Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, La Habana, Cuba,

E-mail: invcafe@eima.vcl.cu

rrivera@inca.edu

RESUMEN. Los experimentos se desarrollaron durante tres campañas de vivero en la localidad El Rincón, en el municipio de Manicaragua, provincia de Villa Clara, a una altura de 340 msnm, con el objetivo de determinar el comportamiento de 15 cepas de hongos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares (HMA) sobre la producción de posturas de cafeto en un suelo fersialítico rojo lixiviado. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas y 16 tratamientos. A los siete meses de sembradas las posturas se evaluó: altura, diámetro del tallo, número de pares de hojas, área foliar; masa seca aérea, de la raíz y total y se determinó el porcentaje de colonización micorrízica. Los datos se procesaron mediante las técnicas de análisis multivariado de componentes principales y análisis jerárquico de conglomerados. Las cepas más eficientes fueron *Glomus fasciculatum* (T¹), *Glomus mosseae* ecotipo1 (T⁵), *Glomus mosseae* ecotipo2 (T⁸).

Palabras clave: Posturas de cafeto, micorrizas vesículo-arbusculares.

ABSTRACT. The experiments were developed during three nursery years in El Rincón, Manicaragua that is a location at a height of 340 msnm, with the aim of finding out the effect of 15 strains of mycorrhizal fungi on the development of Coffee seedlings in the Red Fersialitic leached soil. A randomized block design with 16 treatments and three replicates was used, besides evaluating stem height, stem diameter, leaf pair number, leaf area, leaves and stem dry weight, root and total dry weights, seven months after seeding; also, it was determined the mycorrhizal colonization percentage. The data were processed according to multivariate procedure of main components and cluster analysis. The highest values were achieved by *Glomus fasciculatum* (T¹), *Glomus mosseae* ecotype 1 (T⁵), *Glomus mosseae* ecotype 2 (T⁸),

Key words: Coffea seedlings, Vesicular –arbuscular mycorrhizal fungi.

INTRODUCCIÓN

Las asociaciones micorrízicas conformadas por algunos hongos del suelo y las raíces de las plantas, están consideradas como una simbiosis universal, ya que aproximadamente el 85 % de las especies vegetales con interés agronómico la poseen de forma natural, esta le confiere a las plantas múltiples ventajas como mayor capacidad de absorción radical de nutrimentos, de agua, y protección contra plagas y enfermedades (Marcherner and Dell, 1994).

El efecto beneficioso de la inoculación micorrízica sobre los índices morfológicos de las posturas de cafeto se ha puesto de manifiesto en numerosas

investigaciones (Siquiera y Franco, 1988; Fernández, 1999; Sánchez, 2001; Bustamante *et al.*, 2002 y Rivera *et al.*, 2003), apreciándose un mayor crecimiento y porcentaje de supervivencia en el campo de las plantas que fueron inoculadas con estos hongos (Mariscal *et al.*, 1997), manteniéndose inclusive un efecto positivo en las primeras cosechas, pero variando el comportamiento de las cepas en dependencia del tipo y nivel de fertilidad del suelo utilizado (Rivera *et al.*, 2003).

Este trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar el comportamiento de 15 cepas formadoras de hongos micorrizógenos en un suelo fersialítico rojo lixiviado del Escambray.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se repitió durante tres campañas, entre los meses de noviembre y junio, en el vivero de la Estación de Investigaciones de Café Jibacoa, provincia de Villa Clara a 340 msnm.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 16

tratamientos y tres réplicas, resultantes de la inoculación de las semillas de cafetos con 14 cepas de hongos micorrizógenos sobre un sustrato conformado por una relación 5:1 suelo: humus de lombriz volumen: volumen (v:v) y dos testigos, compuestos por las relaciones suelo: humus de lombriz 5:1 y 3:1, respectivamente, ambos sin inoculación de cepas de HMA (Tabla 1). La relación 3:1 es el testigo, según normas técnicas del cultivo.

Tabla 1. Tratamientos utilizados

Tratamientos	Relación suelo:humus de lombriz y cepas de HMA inoculadas
T1	5:1+ <i>Glomus fasciculatum</i> . Francia (Gerdemann & Trappe).
T2	5:1+ <i>Glomus clarum</i> . Colombia (Nicolson & Schenck).
T3	5:1+ <i>Glomus spurcum</i> . (Topes de Collantes)
T4	5:1+ <i>Glomus agregatum</i> (Schenck & Smith) .
T5	5:1+ <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 1) (Gerdemann & Trappe).
T6	5:1+ <i>Glomus etunicatum</i> , Pinar del Río. (Becker & Gerdemann).
T7	5:1+ <i>Glomus etunicatum</i> , Topes de Collantes. (Becker & Gerdemann).
T8	5:1+ <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 2) (Gerdemann & Trappe).
T9	5:1+ <i>Glomus intraradices</i> , UNAM México (Schenck & Smith)
T10	5:1+ <i>Acaulospora scrobiculata</i> (Trappe).
T11	5:1+ <i>Glomus occultum</i> , CIAT Colombia (Walker).
T12	5:1+ <i>Glomus caledonium</i> (Gerdemann & Trappe)
T13	5:1+ <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 3) (Gerdemann & Trappe).
T14	5:1+ <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 4) (Gerdemann & Trappe).
T15	5:1. Sin inoculación.
T16	5:1. Sin inoculación.

3:1= Tres partes de suelo y una de humus de lombriz.

5:1= Cinco partes de suelo y una de humus de lombriz.

Cada parcela estuvo conformada por 120 plantas, de las cuales se evaluaron 24 al finalizar el período experimental.

En todos los experimentos se utilizaron bolsas de polietileno negro de 14 cm de diámetro por 22 cm de alto, llenas con los sustratos correspondientes, donde se sembraron dos semillas de *Coffea arabica* L., variedad 'Caturra Rojo', dejando una sola plántula por bolsa cuando el 80 % de éstas alcanzó la fase de mariposa.

En todos los casos se utilizó como sombra la proyectada por cobertizos individuales de pencas de *Roystonea regia* (guano).

Las actividades agrotécnicas para la producción de posturas se realizaron según las Instrucciones Técnicas para el Cultivo del Café y el Cacao

(Ministerio de la Agricultura, 1987).

Las cepas de HMA certificadas que se utilizaron inicialmente provenían del cepario del Instituto de Ecología y Sistemática (IES), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Pasados 90 días se extrajo el inoculante con las siguientes características de calidad micorrízica: raicillas infectadas (60 %) y esporas (≥ 20 esporas/g de suelo⁻¹), con un grado de pureza superior al 95 %.

El inóculo se aplicó en el momento de la siembra debajo de las semillas a razón de 10 g por bolsa, de acuerdo con la metodología descrita por Sieverding (1991).

A los siete meses, para caracterizar el desarrollo de

las posturas, se evaluó la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de pares de hojas, el área foliar, la masa seca aérea, la masa seca de la raíz y total.

Para determinar el parámetro fúngico Porcentaje de colonización, se tomaron muestras de raicillas de los distintos tratamientos y se aplicó la metodología descrita por Phillips y Hayman (1970), para clasificar y teñir las raicillas. La cuantificación se realizó por el método descrito por Giovannetti y Mosse, (1980); los valores se transformaron según $\text{arc sen } \sqrt{x}$

Los datos se procesaron mediante análisis multivariado de componentes principales, que permiten estudiar las relaciones entre las variables cuantitativas, reduciendo su número a través de la síntesis de otras que se forman que no están correlacionadas entre sí (Varela, 1998). Se estandarizaron las más representativas y se procesaron mediante análisis jerárquico de conglomerados (Cluster análisis) para permitir la creación de los grupos de tratamientos (cepas de HMA) de acuerdo con su comportamiento.

Se realizó análisis factorial 16 x 3 (cepas x años) y se eliminó el efecto de las réplicas en los años, según Steel y Torrie (1990).

Al encontrar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan, con $p \leq 0,001$ % como criterio comparativo entre estos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los componentes principales mostró la mayor extracción para la primera componente, la cual explicó en un 85,46 % la variación total de los índices evaluados en los diferentes tratamientos (Tabla 2).

Se encontró una alta correlación entre las variables de crecimiento, siendo la masa seca y el área foliar las que alcanzaron los mayores coeficientes de correlación, con valores similares corroborándose

lo planteado por Soto (1994) y Rivera *et al.* (1997) de que el área foliar es un índice que expresa adecuadamente la respuesta del crecimiento integrado de las posturas, siendo esta la variable más comúnmente utilizada para definir el desarrollo de las posturas de cafeto (Soto, 1994; Rivera *et al.*, 1997; Valencia, 1998 y Fernández, 1999).

Tabla 2. Componentes principales, vectores propios y porcentaje de contribución (promedio de tres campañas)

Variables	C1
Altura	0,93*
Diámetro del tallo	0,90*
Pares de hojas	0,79*
Área foliar	0,96*
Masa seca aérea	0,97*
Masa seca de la raíz	0,96*
Masa seca total	0,97*
λ	5,98
Contribución (%)	85,46

Leyenda: C1: Componente principal.

A través de los análisis multivariados de los componentes principales y análisis de cluster se aprecia el efecto diferenciado ocasionado por la inoculación de las diferentes cepas de HMA en el desarrollo de las posturas de cafetos (Figuras 1 y 2).

Se destaca en las tres campañas la formación de cuatro grupos compuestos por las mismas cepas, lo cual indica que el comportamiento de éstas fue altamente reproducible y tiene un alto valor práctico para el manejo de las asociaciones micorrízicas a través de la inoculación con cepas de HMA.

Análisis multivariado

En relación con el agrupamiento de las cepas (figuras 1 y 2) se encontró que el grupo I estuvo integrado por las cepas *Glomus fasciculatum* (T¹), *Glomus mosseae* ecotipo1 (T⁵), *Glomus mosseae* ecotipo2 (T⁸), quienes propiciaron los mayores valores promedios en los diferentes índices de crecimiento evaluados y con un comportamiento superior al tratamiento recomendado en las Normas Técnicas (Tabla 3).

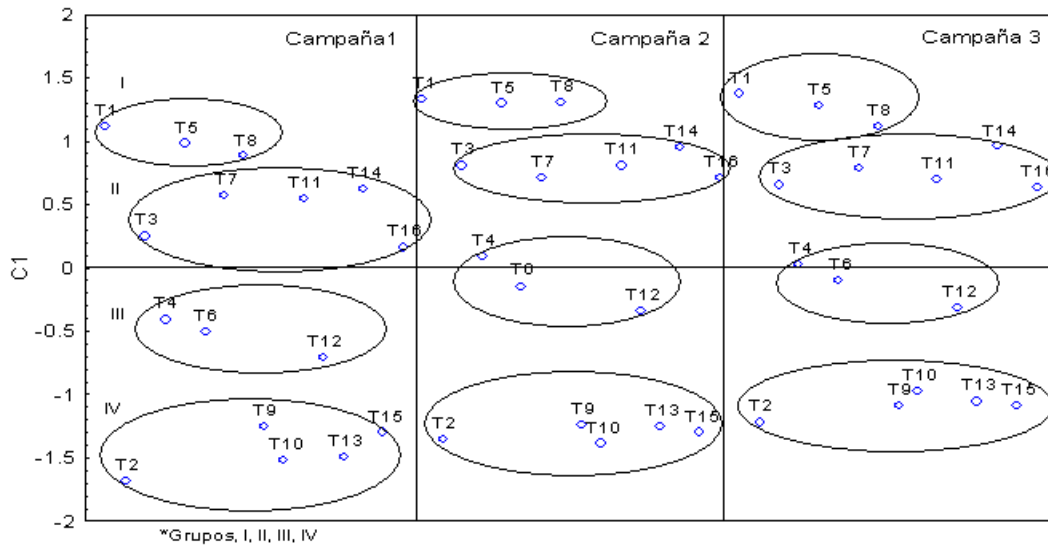


Figura 1. Efecto de la inoculación de cepas de HMA sobre el desarrollo de las posturas de cafetos en el suelo fersialítico rojo lixiviado. Análisis multivariado

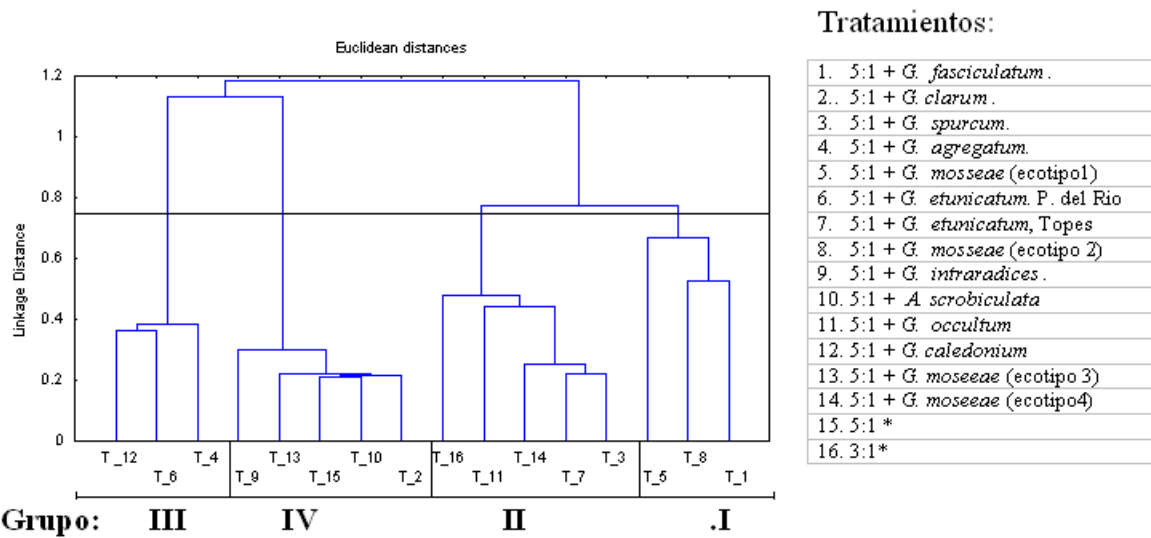


Figura 2. Efecto de la inoculación de cepas de HMA en el desarrollo de las posturas de cafetos.

Tabla 3. Valores promedio de los índices analizados por cada grupo

Grupo (#)	Tratamientos (#)	Altura (cm)	Diámetro del.tallo (cm)	Pares de hojas (#)	Area foliar (cm ²)	Masa seca total (g)
I	1,5,8	22,51 ± 0,86	0,41 ± 0,01	7,30 ± 0,31	516,37 ± 5,28	4,48 ± 0,23
II	3,7,11,14,16	20,79 ± 1,53	0,39 ± 0,02	7,26 ± 0,15	449,22 ± 34,27	4,03 ± 0,15
III	4,6,12	18,37 ± 0,65	0,37 ± 0,01	7,00 ± 0,15	361,38 ± 54,20	3,45 ± 0,23
IV	2,9,10,13,15	16,83 ± 0,39	0,34 ± 0,02	6,90 ± 0,01	292,73 ± 22,45	2,35 ± 0,27

Se observa la alta eficiencia micorrízica alcanzada con la inoculación de las cepas de HMA que formaron el grupo I, (relación suelo: humus de lombriz 5:1), las cuales produjeron un desarrollo superior al alcanzado por el tratamiento más comúnmente utilizado en la producción de posturas de cafeto (3:1 suelo: humus de lombriz). El cual disponía de un 34 % más de abono orgánico que el anterior.

Esta eficiencia micorrízica, según señala Barea *et al.* (1991), se explica por el incremento del área de exploración radical de las plantas y sus consiguientes incrementos en la absorción de nutrimentos, lo que implica que en una misma condición de disponibilidad de estos, se presenten mayores coeficientes de aprovechamiento y crecimiento de las plantas en el caso de una micorrización eficiente.

El segundo grupo se formó con *Glomus spurgum* (T³), *Glomus etunicatum* (T⁷), *Glomus occultum* (T¹¹) y *Glomus mosseae* ecotipo 4 (T¹⁴) que mostraron índices similares al de las posturas obtenidas en el tratamiento recomendado en las Normas Técnicas.

Las cepas que ocasionaron los peores crecimientos fueron *Glomus clarum* (T²), *Glomus intraradices* (T⁹), *Acaulospora scrobiculata* (T¹⁰) y *Glomus mosseae* ecotipo 3 (T¹³) presentando un comportamiento similar al testigo no inoculado, en la relación suelo: humus de lombriz 5:1 (T¹⁵), indicativa de la no existencia de una simbiosis efectiva de estas cepas en este tipo de suelo.

CONCLUSIONES

1. Se encontró un efecto positivo de la inoculación con cepas de HMA sobre la producción de posturas de cafetos, con una alta reproducibilidad en cualquiera de los años estudiados.
2. Las cepas más eficientes fueron *Glomus fasciculatum* (T¹), *Glomus mosseae* ecotipo 1 (T⁵), *Glomus mosseae* ecotipo 2 (T⁸),

3. Con la inoculación de una cepa eficiente de HMA en la relación suelo humus de lombriz 5:1 se obtienen posturas similares a las alcanzadas en el tratamiento recomendado en la norma técnica.

BIBLIOGRAFÍA

- Barea, J. M.; C. Azcon-Aguilar; J. A. Ocampo y otros (1991): Morfología, anatomía y citología de las micorizas vesículo arbusculares. en: fijación y movilización de nutrimentos II. Fijación de nitrógeno y micorizas, pp. 150-173, Madrid.
- Bustamante, C; M. Ochoa; C. Sanchez y otros (2002): "Interacción entre bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*) y las micorizas arbusculares en la biofertilización de posturas de *Coffea arabica* L.". *Cafe y Cacao* 3 (3): 47-50.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura (1987): Instrucciones técnicas para el Cultivo del Café y el Cacao, 208 pp., CIDA, Ciudad de La Habana.
- Fernández, F. (1999): Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares sobre la producción de posturas de cafeto (*C. arabica* L. var. Catuaí) en algunos tipos de suelos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, 102 pp., Inst. Nac. Cienc. Agrícolas. La Habana., MES.
- Giovannetti, M. and B. Mosse (1980): An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in root New phytol., pp. 489-500.
- Mariscal, E.; F. Anzueto; A. García y otros (1997): Evaluación del efecto de las micorizas en almárgos de café, en: Memorias del XVIII Simposio Latinoamericano de café (IICA, ICAFE), pp. 165-170, Costarrica.
- Marschner, H. and B. Dell (1994): "Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis". *Plant and Soil*. 159: 89- 102.
- Phillips, D. M. and D. S. Hayman (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.
- Rivera, R.; F. Fernández y C, Sánchez (1997): "Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos (v.a) y

bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de cafeto”. *Cultivos Tropicales* 18(3): 15-23.

Rivera, R.; F. Fernández; A. Hernández y otros (2003): El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible estudio de caso: El Caribe, 160 pp., Ciudad de La Habana.

Sánchez, C. (2001): Uso y manejo de los hongos micorrizógenos arbusculares y los abonos verdes en la producción de posturas de cafetos (*C. arabica*) en tres tipos de suelos representativos del macizo Guamuhaya, 101 pp., tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, La Habana.

Sieverding, E. (1991): Vesicular-arbuscular mycorrhizal in Tropical Agrosystems. 371 pp., Federal Republic of Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Gtz) GMBH.

Siqueira, J. O. y A. Franco (1998): Biotecnología do solo Fundamentos e Perspectivas. *Ciencias nos Tropicos Brasileiros, Serie Agronomía*, 235 pp.

Soto F. (1994): Crecimiento de posturas de cafetos (*C.arabica* L.) influido por diferentes condiciones de aviveramiento, 174 pp., tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Inst. Nac. Cienc. Agrícolas (INCA), La Habana, MES.

Steel, R. y J. Torrie (1990): *Bioestadística. Principios y procedimientos*. Mc Graw/ Interamericana de México, México, pp. 328-333.

Valencia, G. (1998): Factores que afectan la productividad del cafeto. en: Manual de nutrición y fertilización del café, 61 pp., Instituto de la potasa y el fósforo (INPOFOS), Quito.

Várela, M. (1998): Análisis multivariado de datos. Aplicación a las ciencias agrícolas, 56 pp., Departamento de Matemática aplicada, Inst. Nac. Cienc. Agríc., La Habana, MES.

Recibido: 28/11/05

Aceptado: 18/02/06