

Suelos y Agroquímica

Evaluación del efecto de cepas de micorrizas y el FitoMas-E en el crecimiento de posturas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner

Carlos A. Bustamante-González* y Eliver Carrazana-Valdés**

Resumen

Para evaluar la respuesta de posturas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner a cepas de micorrizas, en presencia de un bioestimulante nacional, se realizó la investigación en el vivero La Cidra, perteneciente a la Empresa Agropecuaria El Salvador, provincia de Guantánamo, de noviembre de 2012 a mayo de 2013. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 10 tratamientos resultantes de la combinación de dos factores (micorriza-5 niveles) y FitoMas-E (dos niveles). Se utilizaron las cepas *Glomus cubense*, *Rhizophagus intraradices*, *Claroideoglomus claroideum* y *Funneliformis mosseae*, en dosis de 10 g · bolsa⁻¹ de forma localizada antes del momento de la siembra. El FitoMas-E se aplicó mensualmente en dosis del 2 % vía foliar, a partir del segundo par y hasta el quinto par de hojas. Se evaluó la altura de las posturas, el diámetro del tallo, el área foliar y el índice de eficiencia micorrízica. Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza de clasificación triple. El efecto positivo de la inoculación con las cepas de HMA sobre el crecimiento de las posturas en el suelo Pardo dependió de la cepa utilizada, y su comportamiento en orden decreciente fue *Glomus cubense* = *Rhizophagus intraradices* > *Claroideoglomus claroideum* > *Funneliformis mosseae*. La eficiencia de la micorrización osciló entre el 34 y el 136 % en dependencia de la cepa utilizada. El efecto del FitoMas-E fue de inferior magnitud que el alcanzado con los hongos micorrizógenos, y tuvo un índice de eficiencia del bioproducto del 35,8 %.

Palabras clave: *Coffea*, micorrizas, cepas, FitoMas-E, posturas

Introducción

La imperante necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia de utilización de los fertilizantes minerales y el auge adquirido en la implantación de tecnologías cada vez más respetuosas del ecosistema y los recursos

Abstract

To evaluate the response of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner seedlings to mycorrhizal strains in the presence of a bio-stimulant, the research was conducted in the nursery belonging to La Cidra Agropecuaria El Salvador, Guantanamo province, from November 2012 to May 2013. A randomized block design with 10 treatments resulting from the combination of two factors (5 levels mycorrhiza). And FitoMas-E (two levels) was used. Were used the strains *Glomus cubense*, *Rhizophagus intraradices*, *Claroideoglomus claroideum* and *Funneliformis mosseae*, in doses of 10 g · bag⁻¹ localized form before planting time. The FitoMas-E was applied monthly foliar at doses of 2 % pair from the second through the fifth pair of leaves. Seedlings height, stem diameter, leaf area ratio and mycorrhizal efficiency was evaluated. Data were processed by analysis of variance threefold classification. The positive effect of inoculation with strains of AMF on seedlings growth in the Brown soil depended on the strain used and their behavior in decreasing order was: *Glomus intraradices* = *Rhizophagus cubense* > *Claroideoglomus claroideum* > *Funneliformis mosseae*. Mycorrhization efficiency ranged from 34 to 136 % depending on the strain used. The effect of FitoMas-E was of lower magnitude than that achieved with mycorrhizal fungi and had an efficiency rating of 35.8 % byproduct.

Key words: *Coffea*, mycorrhiza, strains, FitoMas-E, seedlings

naturales, han dado nueva vida e impulso notable a la idea del uso de los biofertilizantes y los fitoestimuladores, como es el caso de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y el FitoMas-E, respectivamente

¹ Recibido: 17/9/2012

Aprobado: 29/5/2013

*Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

** Empresa Agropecuaria El Salvador

Las asociaciones micorrízicas, formadas a partir de la unión de hongos del suelo y las raíces de las plantas, están consideradas simbiotas universales debido a que están presentes de manera natural aproximadamente en el 85 % de las especies vegetales con interés agronómico (Herrera *et al.*, 1988 y Barea *et al.*, 1991).

Para los cultivos que inicialmente se propagan en viveros, como el cafeto, esta es una fase adecuada para efectuar la inoculación con hongos micorrizógenos, donde se combinan cantidades bajas de cepas eficientes y altamente competitivas con una tecnología exitosa y sencilla.

En Brasil se han encontrado respuestas positivas a la inoculación con estos hongos (Siqueira *et al.*, 1987; Saggin-Junior *et al.*, 1994), y se han obtenido posturas más vigorosas, con mayor supervivencia, e incluso hay evidencia experimental de que se ha mantenido el efecto positivo sobre el rendimiento del cafeto en las primeras cosechas (Siqueira *et al.*, 1993) y se ha incrementado además el aprovechamiento de los fertilizantes aplicados.

En Cuba, Fernández *et al.* (1992), Bustamante *et al.* (1994), Rivera *et al.* (1997) y Fernández (1999) informan efectos positivos con la inoculación de cepas de HMA en este cultivo, y se han definido las cepas en función del tipo de suelo, nivel de fertilidad y relación suelo:abono orgánico. Este conocimiento ha permitido la incorporación paulatina de esta tecnología en la práctica productiva, lo que unido al incremento de su producción permitirá aumentar la cantidad de plántulas micorrizadas.

Sin embargo, recientes investigaciones han demostrado que dos cepas de una misma especie de HMA con diferentes orígenes, en iguales condiciones experimentales, presentaron comportamientos diferenciales en el desarrollo de las plantas, lo que reafirma la necesidad de continuar estudios sobre la efectividad de las cepas (Marulanda *et al.*, 2008) en los diferentes cultivos. Por otro lado, los estudios realizados en el país no incluyeron todas las cepas presentes en el país, y en el caso de los suelos Pardos específicamente, no se estudiaron las cepas *Glomus intraradices* y *Glomus claroideum*.

El FitoMas-E es un bioestimulante producido por la industria azucarera cubana y está elaborado en base a sustancias bioquímicas de alta energía propias de los vegetales superiores, principalmente aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos bioactivos. El mis-

mo puede aplicarse por vía foliar como por riego en cualquier fase fenológica de los cultivos (Montano *et al.*, 2006).

Se ha reportado el uso de este producto en diversos cultivos con resultados significativos en cuanto a rendimiento, incremento del vigor de las plantas y superación de los eventos estresantes; por ejemplo, en caña de azúcar (30 % de incremento del rendimiento), tabaco (52 %), tomate (49 %), pepino (47 %), lechuga (37 %) y habichuela (50 %), entre otros (Montano *et al.*, 2006; López *et al.*, 2006).

Sin embargo, prácticamente no existen antecedentes del efecto producido por el FitoMas-E en el cultivo del cafeto, y de su combinación con una especie eficiente de HMA. Por tal motivo se hace necesario estudiar el efecto de estos dos bioproductos en indicadores de crecimientos de posturas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner.

Materiales y métodos

La experiencia se desarrolló desde noviembre de 2012 a mayo de 2013 en el vivero estatal del Colectivo de Gestión de La Cidra (20° 22' 00" latitud norte y 75° 22' 00" longitud oeste aproximadamente), del municipio de El Salvador, perteneciente a la Empresa Agropecuaria El Salvador, en la provincia de Guantánamo.

El suelo utilizado para la experimentación se clasificó como Pardo Mullido sin carbonatos, según la Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999), y se caracterizó por cumplir los requisitos del 3 % de contenido de materia orgánica que exigen las normas técnicas vigentes; sin embargo, la acidez del suelo (pH H₂O 7,02) no fue la adecuada para el cultivo, al ser el suelo ligeramente básico. El suelo se caracterizó además por muy bajos contenidos de fósforo disponible (Oniani) 0,87 mg y contenidos medios de potasio disponible (24,2 mg • 100 g⁻¹ de suelo).

Para el llenado de las bolsas se utilizó un sustrato suelo/pulpa de café en diferentes proporciones, según los tratamientos estudiados (3/1 y 5/1).

Para responder a los objetivos del experimento en un arreglo bifactorial con dos testigos de referencia en un diseño completamente al azar, se estudiaron 10 tratamientos resultantes de la combinación de la interacción de dos factores (micorriza y FitoMas-E).

Factor 1. Cepas de micorrizas

Glomus cubense Y. Rodr. y Dalpé

Rhizophagus intraradices Smith y Schenck
Claroideoglosum claroideum Schenck y Smith
Funneliformis mosseae Nicol. y Gerd. Emend. Gerde-
man y Trappe

Factor 2. FitoMas-E

Con FitoMas-E

Sin FitoMas-E

Como testigos de referencia se utilizaron las proporciones 3/1 y 5/1 de suelo/pulpa de café (v/v). La selección del segundo testigo se realizó al considerar los resultados de investigaciones en otros tipos de suelos donde se alcanzó una mayor respuesta a la micorrización al disminuir la participación del abono orgánico en el sustrato.

Las semillas de la especie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner utilizadas procedían del Banco de Semillas certificadas de la empresa, y se sembraron dos por bolsas (26,5 cm de largo x 12,5 cm de ancho) para posteriormente dejar una por bolsa.

El inóculo utilizado procedió del Cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), y contenía diferente concentración de esporas por gramo de suelo: *Glomus cubense* (140), *Rhizophagus intraradices* (55), *Funneliformis mosseae* (33) y *Claroideoglosum claroideum* (48). La micorriza se inoculó de forma localizada y se aplicó en dosis 10 g por bolsa antes del momento de la siembra.

El FitoMas-E procedió del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), y sus principales características son: 150; 55; 60 y 31 g • L⁻¹ de extracto orgánico, N total, K₂O y P₂O₅, respectivamente. Se aplicó vía foliar, mensualmente, a partir del segundo par de hojas en concentración del 2 % hasta goteo.

Cada tratamiento estuvo compuesto por 24 bolsos. Cuando el 80 % de las posturas alcanzó el sexto par de hojas, se evaluó en ocho plántulas de cada tratamiento:

La altura de las posturas (cm). Se midió con una regla desde la base del tallo al ápice de las posturas.

El diámetro del tallo a 5 cm de altura (mm). Con un pie de rey.

El área foliar (AF) (cm²). Se determinó por el método de González, García y Vázquez (2003) mediante la fórmula $AF = (\text{largo} \times \text{ancho}) \times 0,67$.

El índice de eficiencia micorrizica (IE, %) a partir de la fórmula propuesta por Siqueira y Franco (1988) y uti-

lizada por Rivera et al. (1997). Se tomó como testigo de referencia las plantas no inoculadas en la misma relación suelo:abono orgánico.

$$IE = \frac{(\text{A.F. tratamiento evaluado} - \text{A.F. tratamiento 5/1})}{\text{A.F. tratamiento 5/1}} \times 100$$

Los datos obtenidos en el experimento fueron procesados mediante el paquete profesional Statistica, versión 7 (www.statsoft.com).

A los datos se les comprobó la normalidad mediante la prueba de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, y la homogeneidad de las varianzas a través de la prueba de Bartlett. Los resultados de los tratamientos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación triple, y las diferencias entre tratamientos se determinaron por medio de la prueba de rangos múltiples de Duncan para $p \leq 0,05$.

Resultados y discusión

El análisis de varianza reflejó la existencia de efectos significativos de los factores cepas de micorrizas, el FitoMas-E y para los testigos de referencias sobre los indicadores evaluados; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para la interacción de los mismos (Tabla 1).

Para evaluar el efecto de la riqueza del sustrato se compararon los tratamientos con la proporción 3/1 y la proporción 5/1 (Tabla 2). Se observó que al disminuir la participación del abono orgánico en la composición del sustrato disminuyó la altura en el 15 %, el diámetro del tallo en el 28 % y el área foliar en el 29 %. Esta situación debe estar relacionado, entre otras razones, porque los bajos contenidos de fósforo no crean las condiciones propicias para el desarrollo de las raíces, pues es conocido el papel de este elemento en esta fase del cultivo; sin embargo, son condiciones propicias para que las micorrizas manifiesten su habilidad selectiva con respecto al ion fosfato.

Fernández et al. (1992) y Fernández (1999) encontraron una alta dependencia de la efectividad y la eficiencia de la micorrización con la relación suelo:abono orgánico, siendo esta última dependiente del tipo de suelo y su fertilidad asociada. Ellos informaron que a medida que ocurrían incrementos en la fertilidad de los suelos se originaban las mayores eficiencias micorrizicas con las

menores aplicaciones de abono orgánico. Es decir, en suelos de baja fertilidad (Alíticos) las condiciones más propicias para lograr un efecto positivo y significativo de la micorrización estuvieron asociadas a las mayores do-

sis de abono orgánico (3:1), en suelos de media fertilidad (Fersialíticos Pardos Rojizos) con la relación 5:1, y en los Pardos de alta fertilidad, generalmente con las menores aplicaciones de abono orgánico (suelo:humus-7:1).

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza para los indicadores del crecimiento de *Coffea canephora*

	Altura		Diámetro tallo		Área foliar	
	gL	F	gL	F	gL	F
Cepas	3	18,16***	3	6,63***	3	10,20***
FitoMas	1	9,98**	1	7,24**	1	23,42***
Cepa x FitoMas	3	1,68 ns	3	1,07 ns	3	2,43 ns
Trat. fact.	7	9,93***	7	4,34 ***	7	8,76***
Test. referencia	2	132,59***	2	49,33***	2	236,04***
Total tratamientos	9	37,19***	9	14,34***	9	59,27***
Réplica	7	3,70	7	0,82	7	2,89
Error experimental	63		63		63	
Total	79		79		79	

Tabla 2. Efecto de la riqueza del sustrato en el crecimiento de las posturas de *Coffea canephora* P.

Sustrato	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Área foliar (cm ²)
5/1	10,97 b	2,25 b	86,55 b
3/1	12,91 a	3,12 a	122,68 a
E.E., X	0,49***	0,19***	9,06***

*** Valores medios con letras similares difieren estadísticamente para $p < 0,001$.

En suelos Fersialíticos Rojos Lixiviados y Pardos Gleyzozos, Sánchez *et al.* (2000) encontraron que las mejores posturas micorrizadas se encontraron en la relación suelo:humus de 5/1, en la cual no solo se manifestó el mayor efecto de la micorrización, sino que además el sustrato aportó las cantidades adecuadas de nutrientes que permitieron que las plantas micorrizadas crecieran satisfactoriamente.

Toda vez que no hubo efecto de la interacción de los factores en estudio, se analizará primeramente el efecto aislado de los factores y luego los otros resultados que emanan del análisis de varianza.

Factor cepa de micorriza

Las cepas de micorriza influyeron significativamente ($\alpha = 0,05$) en todas las variables de crecimiento estu-

diadas (Tabla 3). El mayor incremento significativo de la altura con respecto al testigo 5/1 se obtuvo al inocular las posturas con *Glomus cubense* (85 %), luego en orden decreciente se ubicaron las cepas *Rhizophagus intraradices* (65 %), *Claroideoglomus claroideum* (58%) y finalmente *Funneliformis mosseae* (55 %) con incrementos similares entre sí.

Tabla 3. Efecto de cepas de micorriza en el crecimiento de posturas de *Coffea canephora* en la proporción 5/1

Cepas	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Área foliar (cm ²)
<i>Glomus cubense</i>	20,31 a	4,69 a	278,18 a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	18,10 b	4,10 b	272,2 a
<i>Funneliformis mosseae</i>	17,01 b	3,94 b	233,12 c
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	17,35 b	3,94 b	252,34 b
E. E., x	0,35***	0,14***	6,40***

El diámetro del tallo tuvo una respuesta positiva a la acción de las cepas de HMA con un comportamiento

similar al observado con la altura (Tabla 3). El mayor incremento se alcanzó con la inoculación de *Glomus cubense* (108 %), seguido de la acción de *Rhizophagus intraradices* (80 %). La acción de *Claroideoglomus claroideum* y *Funneliformis mosseae* fue de similar magnitud (75 %).

El área foliar de las posturas mostró de una manera más visible el efecto diferenciado de las cepas de HMA (Tabla 3). El incremento en los tratamientos inoculados con HMA, con independencia de la cepa utilizada, osciló desde el 90 hasta el 126 %, lo que corrobora la alta dependencia micorrízica del cafeto. El mayor incremento se logró con la cepa *Glomus cubense* (126 %), seguido en orden decreciente por *Rhizophagus intraradices* (121 %), *Claroideoglomus claroideum* (105 %) y finalmente *Funneliformis mosseae* (90 %). Estos resultados muestran la importancia de la inoculación en este tipo de plantas, las cuales son altamente dependientes de la simbiosis micorrízica para expresar el máximo desarrollo.

Este comportamiento de las cepas pudiera estar relacionado a la fertilidad del suelo utilizado para la conformación del sustrato, pues en el mismo inciden la baja disponibilidad del fósforo y las condiciones de acidez.

Herrera *et al.* (2011), al resumir 130 experimentos realizados en Cuba con varios cultivos, concluyeron que la respuesta de las plantas a la micorrización dependió del tipo de suelo donde se realizó esta práctica agronómica, y en el caso específico del cafeto dependió de las propiedades del suelo asociadas al tipo del mismo.

Barros (1987) afirmó que las especies de hongos que conforman la familia *Glomaceae* poseen de manera general un rango amplio de distribución funcional, predominando en ecosistemas de alta y media fertilidad en donde resultan extremadamente competitivas. También se conocen que algunas especies de esta familia pueden adaptarse a condiciones más bajas de fertilidad.

Primavesi (1990) informó que la microbiota de los suelos tropicales está adaptada al pH entre 5,3 y 6,1, y puede decirse que en los suelos con pH 5,6 la mayoría de los microorganismos benéficos se desarrollan y sus enzimas se activan. Ferrer y Herrera (1991) señalaron que el pH es un factor que puede afectar el desarrollo de la simbiosis de los cultivos con los HMA, que las di-

ferentes especies del hongo tienen distintas preferencias por el pH.

Cañizares y Azcón-Aguilar (1993) probaron las especies de HMA combinadas procedentes de suelo alcalino con microflora de pH alcalino y ácido en sustratos con pH alcalino y ácido. El mismo procedimiento se utilizó, pero empleando especies aisladas de suelos con pH ácido. Se comprobó la influencia de la microflora del suelo en la adaptabilidad de los HMA a diferentes condiciones de pH hasta el punto que las interacciones de estos pueden amortiguar el efecto del cambio de pH; también se comprobó la existencia de comportamientos individuales de las especies.

De Miranda y De Miranda (1994) determinaron el efecto de la acidez del suelo sobre la eficiencia de los HMA nativos, estudiaron 25 especies y tres niveles de pH: 4,7; 5,3 y 5,8; la especie *Glomus manihotis* fue la más eficiente en el pH más bajo; *Glomus* spp. y *Entrophospora colombiana* lo fueron a los pH más altos.

Si a lo anteriormente expuesto se le añade que el cafeto se desarrolla de forma óptima en suelos con pH ligeramente ácidos, se puede explicar la débil respuesta a *Glomus mosseae* observada en el experimento, pues al ser un suelo ligeramente básico esta cepa debió desarrollarse adecuadamente; pero al no encontrar el hospedero las condiciones propicias para el adecuado funcionamiento de las raíces, tal vez inhibió la formación de la simbiosis.

La respuesta positiva del resto de las cepas pudiera relacionarse con las investigaciones de Howeler (1985), quien encontró que algunas especies de HMA son específicas para ciertas condiciones, pero otras están adaptadas a diversas condiciones edafoclimáticas y toleran variaciones en la acidez, fertilidad, niveles de N y K del suelo.

Los resultados de la presente investigación corroboran parcialmente lo informado para las condiciones de suelo donde se desarrolla la caficultura cubana por Rivera *et al.* (2006), quienes establecieron las cepas de micorrizas a utilizar por cada tipo de suelo y recomiendan para este tipo de suelo la inoculación con *Glomus intraradice*, *Glomus fasciculatum* y *Glomus mosseae*. Como se observa, de la coincidencia se excluye solo la última cepa.

Para el cafeto, Herrera *et al.* (2011) recomiendan utilizar *Acaulospora scrobiculata*, *Diversispora spurca*, *G. mosseae-like*, *G. mosseae* y *P. occultum* en los suelos

Fersialítico Pardo Rojizo; *Glomus fasciculatum-like* y *G. etunicatum-like* en los Pardos con Carbonatos y *G. manihotis* en los Pardos Ócricos. Las cepas *Acaulospora scrobiculata* y *Diversispora spurca* se comportan mejor en los Alíticos de alta actividad arcillosa amarillentos y Ferríticos típicos (Herrera *et al.*, 2011).

La cepa *Glomus mosseae* fue la de menor eficiencia, lo que se relaciona con la diferente fertilidad (muy bajos contenidos de fósforo) y el pH básico del suelo. En el caso de *Glomus intraradice* se dispone de conocimiento sobre su efectividad en suelos de fertilidad media-alta y específicamente en el Pardo Gleyzoso del Escambray. Para el resto de las cepas los resultados constituyen los iniciales para el cultivo del café en el país (*Glomus cubense* y *Glomus claroideum*), por lo que se requiere de su validación en los diferentes tipos de suelo utilizados para el llenado de bolsos a fin de llegar a una conclusión definitiva.

Factor bioestimulante

El FitoMas-E elevó de forma significativa todos los indicadores evaluados (Tabla 4). En el caso de la altura este incremento resultó del 6 %, mientras que para el diámetro del tallo fue del 9 %. El área foliar fue el indicador que más se incrementó por efecto del bioestimulante-12 %. Estos resultados ratifican los obtenidos por Alvarado *et al.* (2007) sobre el efecto positivo del FitoMas-E en el crecimiento de las posturas, aunque en la presente investigación la concentración y el momento de aplicación fue diferente, pues en su investigación fue aplicado en imbibición de las semillas y aplicación foliar en el estadio de fosforito. Esto quizás explique el menos incremento del área foliar con respecto a su investigación (55 %).

Tabla 4. Efecto de la aplicación del FitoMas-E en el crecimiento de posturas de *Coffea canephora*

	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Área foliar (cm ²)
Sin FitoMas-E	17,6 b	4,0 b	243,5 b
Con FitoMas-E	18,7 a	4,3 a	274,5 a
E. E, x	0,24**	0,09**	4,53***

, Valores medios con letras similares difieren estadísticamente para $p < 0,01$ y $0,001$, respectivamente.

Villa (2010) informó que las aplicaciones de FitoMas-E estimulaban el crecimiento, desarrollo y emisión de las ramificaciones del tomate. López y Lobaina (2005), al evaluar diferentes dosis de FitoMas-E en el cultivo del tabaco, demostraron que a los 35, 40, 45 días después de la siembra existieron diferencias significativas entre los tratamientos para la altura.

No se encontró interacción para la aplicación conjunta HMA-FitoMas-E; sin embargo, se encontró una respuesta positiva para algunas cepas y para algunos indicadores. Al aplicar FitoMas a las posturas que fueron inoculadas con *Glomus cubense*, hubo un incremento significativo de la altura (2 cm) y el diámetro del tallo (0,6 mm), pero no se reflejó en el área foliar de las plantas (26 cm²) (Tabla 5).

El comportamiento de las posturas inoculadas con *Funneliformis mosseae* (Tabla 5) ante la aplicación complementaria del FitoMas mostró similar tendencia positiva para el diámetro del tallo, pero con esta cepa el efecto estimulador del bioproducto en el área foliar fue superior y la incrementó significativamente en 61 cm².

La aplicación del FitoMas no tuvo efecto significativo en el crecimiento de las posturas que fueron inoculadas con las cepas *Rhizophagus intraradices* y *Claroideoglomus claroideum*, lo que pudiera relacionarse a que al inocular las posturas con las cepas *Glomus cubense* y *Rhizophagus intraradice* ellas expresaran el máximo crecimiento posible para las condiciones de cultivo, y que al no existir ningún elemento estresante la acción del bioestimulante no se manifestara.

Los resultados indican que todas las cepas de micorizas investigadas podrían ser utilizadas en la práctica de producción de posturas en las condiciones de la empresa El Salvador, pero que en dependencia de la cepa sería recomendable la aplicación del bioestimulante FitoMas-E para alcanzar un crecimiento superior de las posturas.

Debido a que se ha demostrado que en los experimentos en vivero de café que las variables morfológicas estudiadas están estrechamente correlacionadas entre sí (Rivera *et al.*, 1997; Fernández, 1999 y Sánchez, 2001), la discusión sobre el índice de eficiencia se centrará solo en el área foliar partiendo de su carácter integrador del crecimiento de las posturas.

Se observó que la inoculación con micorriza tuvo un efecto positivo sobre los indicadores evaluados, pero la intensidad de la respuesta del café dependió de la cepa inoculada.

Tabla 5. Efecto de cepas de micorriza en el crecimiento de posturas de *Coffea canephora*

Cepas	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Área foliar (cm ²)
<i>Glomus cubense</i>	19,4 b	4,4 b	264,9 ab
<i>Glomus cubense</i> + FitoMas-E	21,3 a	5,0 a	291,4 a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	17,7 bcd	4,0 bc	262,4 ab
<i>Rhizophagus intraradices</i> + FitoMas-E	18,5 bc	4,1 bc	282,1 a
<i>Funneliformis mosseae</i>	16,1 d	3,6 cd	202,9 e
<i>Funneliformis mosseae</i> + FitoMas-E	17,9 bcd	4,3 b	263,3 ab
<i>Claroideoglosum claroideum</i>	17,4 cd	3,9 bc	243,6 b
<i>Claroideoglosum claroideum</i> + FitoMas-E	17,4 cd	4,0 b	261,1 ab
3/1	12,9 e	3,1 d	122,7 d
5/1	11,0 f	2,3 e	86,6 c
E. E., x	0,49***	0,2***	9,06***

*** Valores medios con letras similares difieren estadísticamente para $p < 0,001$.

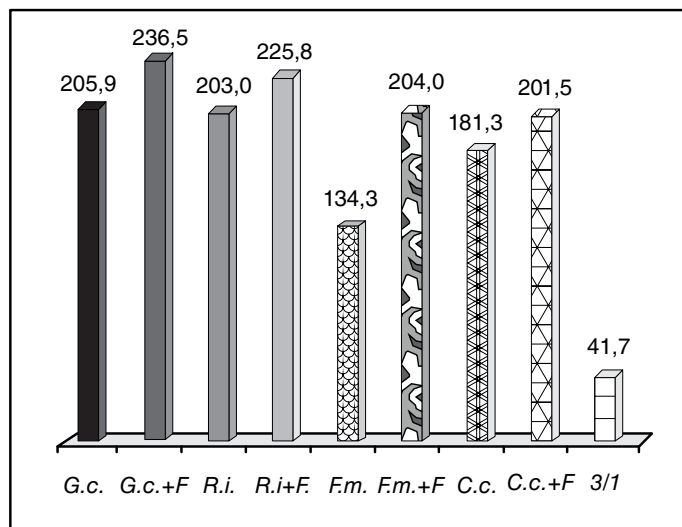
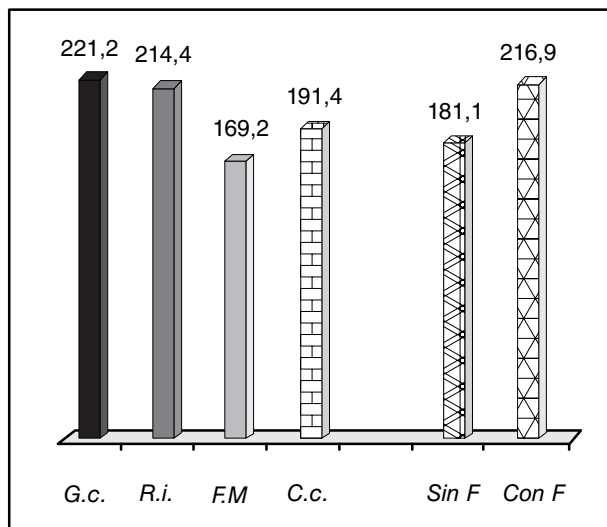


Fig. 1. Índice de eficiencia de los tratamientos estudiados (% de 5/1). G.c.: *Glomus cubense*, R.i.: *Rhizophagus intraradices*, F.m.: *Funneliformis mosseae* y C.c.: *Claroideoglosum claroideum*. + F: Aplicación de FitoMas-E.

El análisis del índice de eficiencia reveló que la inclusión del FitoMas-E en el manejo agronómico de las posturas incrementó el área foliar en el 35,8 % (Fig. 1). Por otro lado se ratificó el efecto diferenciado de las cepas, y resalta la similitud del efecto positivo de *Glomus cuben-*

se y *Rhizophagus intraradices* que resultó ligeramente superior al de *Claroideoglosum claroideum*, y muy superior al de *Funneliformis mosseae*.

Para la combinación de los factores se encontraron índices de eficiencia (Fig. 1) que oscilaron entre el 34

y el 136 % en dependencia de la cepa utilizada. Resaltan el menor valor alcanzado por la cepa *Funneliformis mosseae*, lo que confirma la mayor respuesta a la misma en condiciones de fertilidad diferentes a la del suelo estudiado.

Al complementar la inoculación de micorrizas con la utilización del FitoMas-E se observó un incremento en la eficiencia del uso del bioproducto. El mayor incremento de la eficiencia se alcanzó en el tratamiento con la cepa *Funneliformis mosseae* (69 %). Con el resto de las cepas de micorrizas el incremento por efecto del FitoMas-E fue de similar magnitud, y osciló entre el 20 % con la cepa *Claroideoglossum claroideum* y el 30,6 % con *Glomus cubense*.

Los índices de eficiencia para el área foliar, observados en los tratamientos inoculados con micorriza en este suelo, resultaron valores óptimos para la postura y superiores a los del 37-38 % informados por Fernández, (1999) y Sánchez (2001), citados por Joao (2002), para el cafeto inoculado en suelo Ferralítico Rojo compactado con *Glomus fasciculatum* y *Glomus vesiculiferum* bajo las condiciones de relación suelo:cachaza 5:1 y sin aplicación de fósforo, así como a los valores del 107-143 % a los encontrados por Fernandez y col. (1999) en suelos Alíticos de baja fertilidad.

Los resultados permiten realizar un manejo de la simbiosis micorrízica que considere varias variantes según la disponibilidad de una u otra cepa y la existencia o no del FitoMas-E. En caso de no contar con *Glomus cubense*, se podrían utilizar las otras cepas como alternativa para la micorrización en la fase de vivero, pero se tendrían que crear las condiciones agronómicas para que el hongo pudiera manifestar su acción, lo que podría lograr con la adición del bioestimulante.

Conclusiones

- Se encontró un efecto positivo de la inoculación con cepas de HMA sobre la producción de posturas de *Coffea canephora*. Esta respuesta dependió de la cepa utilizada, y su comportamiento fue *Glomus cubense* = *Glomus intraradice* > *Glomus claroideum* > *Glomus mosseae*. La eficiencia de la micorrización osciló entre el 34 y el 136 % en dependencia de la cepa utilizada.
- Existió una respuesta de todos los indicadores evaluados al FitoMas-E, aunque ella fue de inferior mag-

nitud a la lograda con la micorrización. El FitoMas-E incrementó la altura en el 6 %, el diámetro del tallo en el 9 % y el área foliar en el 12 % en comparación con el testigo. La eficiencia del bioproducto fue del 35,8 %.

Bibliografía

- Alvarado, K; Blanco, A; Samón, A; Villar, J. Influencia de un bioestimulante cubano en la obtención de posturas de café. XV Congreso Científico INCA. 7- 10 de noviembre 2006. San José de las Lajas. La Habana. 2007.
- Barea, J.M. et al. Morfología, Anatomía, Citología de las Micorrizas VA./ J.M. Barea et al./ En : Fijación y Movilización Biológica de Nutrientes. Madrid.1991. T-2, P 150- 173
- Barros, A. Micorrizas vesículo arbusculares em cafeeiros da regiao sul do estado de Minas Gerais. Tesis presentada para optar por maestría. Lavras.Minas Gerais. P 97. 1987.
- Bustamante G., C.; Ochoa, M.; Sánchez E., C.; Rodríguez, M.I.; González F., C.; Rivera, R.; Martínez, J.C. Respuesta de *Coffea arabica* L. a la inoculación con micorrizas VA. In: SEMINARIO Científico del INCA, 9. La Habana (Cuba), Noviembre 16-18, 1994. Resúmenes
- Cañizares, E. G. y R. Azcon-Aguilar. Efectos de diferentes condiciones de pH y microelementos sobre el comportamiento de hongos MA. Resúmenes de BIOFERTRO'93.-- Ciudad de la Habana: IES-EEZ (España), 1993.-- p. 227.
- De Miranda, J. C. C. e L. N. De Miranda. Efeito da acidez do solo na eficiencia de fungos micorrízicos vesículo- arbusculares nativos de solo de cerrado.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 13.
- Fernández, F. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares sobre la producción de posturas de cafeto (*C. arabica* L. var. Catuaí) en algunos tipos de suelos. / F. Fernández. Tesis de grado (Dr. En Ciencias Agrícolas), INCA 102 p., 1999.
- Fernández, F.; Cañizares, E. G.; Rivera, R.; Herrera, R.A. Efectividad de tres hongos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) y una cepa de bacteria solubilizadora de fósforo (BSF) sobre el crecimiento de posturas de cafeto *Coffea arabica* L. *Cultivos Tropicales* 13(1):23-27. 1992
- Ferrer, R. y R. Herrera. Breve reseña sobre los biofertilizantes. — Ciudad de la Habana: IES-CITMA, 1991.-- 50 p.
- González J, Rosa I. García y E. Vázquez. Método para la estimación del área foliar de plantas de *Coffea canephora*. *Café Cacao* 4(1):48 – 55, 2003.

- Hernández, A., Pérez, J., Bosch., D. y Rivero, L.D. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. La Habana: AGRINFOR 1999.
- Herrera, R.A./et al/. Caracterización y dinámica de las Fitomasas de raíces y micorrizas vesículo-arbusculares en la Sierra del Rosario. En: Ecología de los Bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba. Proyecto MAB No 1. 1971-1987. ROSTLAC, UNESCO. Capítulo 21, p 447-472. 1988.
- Herrera-Peraza, R; Chantal Hamel; F. Fernández; R. L. Ferrer; E. Furrázola. Soil-strain compatibility: the key to effective use of arbuscular mycorrhizal inoculants? *Mycorrhiza* 21:183-193, 2011
- Howeler, R. H. Aspectos prácticos de la investigación de micorrizas vesículo- arbusculares demostrados en el cultivo de la yuca.-- Cali: CIAT, 1985.-- p. 44-61.
- Joao J. P. Efectividad de la inoculación de cepas de HMA en la producción de posturas de café sobre suelos Ferralítico Rojo compactado y Ferralítico Rojo Lixiviado de montaña. Tesis de Maestría "Nutrición de las plantas y Biofertilizantes" INCA, 2002, 85 p
- López y Lobaina J. Comportamiento de las plantas hortícolas con diferentes dosis de FitoMas-E en condiciones edafoclimáticas de Guantánamo. CUG. *Revista Ciencia y Técnica* 5: 25-31. 2005.
- Marulanda, A; R. Azcón; J. M. Ruiz y R. Aroca. Differential Effects of a *Bacillus megaterium* Strain on lactuca sativa Plant Growth Depending on the origin of the Arbuscular Mycorrhizal Fungus Coinoculated Physiologic and Biochemical Traits. *J. Plant Growth Regul.* 27: 10 – 18 DOI 10.1007/s00344-007-9024-5. 2008
- Montano, R. Fitomas- E, bionutriente derivado de la industria azucarera. Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA). 2006. 45 p.
- Primavesi, Ana. Manejo ecológico do solo. A. agricultura em regioes tropicais.-- Sao Paulo: Livraria Novel S.A., 1990.- - p. 164-197.
- Rivera, R. et al. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos (v.a) y bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de café. *Cultivos Tropicales* 18(3): 15-23, 1997.
- Rivera. Manejo de las asociaciones micorrízicas en la producción de posturas de café. R. Rivera, F. Fernández, C. Sánchez y K. Fernández. En: R. Rivera y F. Soto/ editores. Falta editora y ciudad de edición P.399.4449. 2006
- Saggin-Junior, A./et al/. Interacao fungos micorrizicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo nao fumigado. R. bras. Ci. solo. 18, 27-36. 1994.
- Sánchez C, C. González, C. Bustamante, C. Cabrera y C. López. Efectividad de cepas de hongos formadores de micorrizas (vesículo arbusculares) en interacción con niveles de suelo: humus de lombriz en el desarrollo de posturas de cafetos. *Café Cacao* 2(1): 33 – 73. 2001.
- Sánchez, c.; R. Rivera; C. González; R. Cupull; R. Herrera y M. Varela. Efecto de la inoculación de HMA sobre la producción de posturas de cafetos en tres tipos de suelos del macizo montañoso de Guamuhaya. *Cultivos Tropicales* 21 (3): 5-13. 2000.
- Siqueira, J.O./et al/. Micorrizas vesículo arbusculares en mudas de cafeeiro produzidas no sul do estado de minas gerais. *Pesq. Agrop. Bras.* Brasilia. 22 (1), 31-38, 1987.
- Siqueira, J. O y A. Franco. Biotecnología do solo Fundamentos e Perspectivas. *Ciencias nos Tropicicos Brasileiros. Serie Agronomia.*, p. 235. 1988.
- Siqueira, J.O./et al/. Crecimento de mudas e producao de cafeeiro sob influencia de fungos micorrizicos e superfosfato. R. Bras. Ci. Solo. 17 (1), 53-60, 1993.
- Villa, I. Evaluación de diferentes dosis de FITOMAS-E en el cultivo del Tomate var. Amalia en condiciones de organopónico. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agropecuario. 2010. Pp. 27-33.