Rev. Agricultura Tropical Vol. 2 No. 2:21-30, 2016
ISSN on line: 2517-9292

EFECTO DE LAS MICORRIZAS Y OTROS BIOFERTILIZANTES EN PAPAYA, GUAYABA Y AGUACATE EN SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS Y PARDOS MULLIDOS CARBONATADOS

Luis Ruiz Martínez, Dinorah Carvajal Sánchez y Alberto Espinosa Cuéllar
Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, Santo Domingo, CP: 53 000, Villa Clara, Cuba.
** Autor para la correspondencia: ccientifico@inivit.cu*

RESUMEN
Con el objetivo de determinar el efecto de la coinoculación con micorrizas, azotobacter y fosforina en viveros de papaya, guayaba y aguacate, se desarrolló un programa de investigación en suelos Ferralíticos Rojos y Pardos mullidos carbonados en áreas del INIVIT, compuesto por nueve experimentos. Se evaluaron seis cepas de hongos micorrícicos arbuscualares (HMA), una de azotobacter y una de fosforina. Se encontró una alta especificidad suelo-cepa de micorrizas, siendo las más eficientes para los tres frutales la cepa *Glomus mosseae* para el suelo Ferralítico Rojo y la *Glomus intraradices* para el Pardo mullido carbonado; las que produjeron efectos significativos sobre la masa fresca y seca, la altura de planta y el número de hojas activas. La coinoculación de los tres biofertilizantes produce mayor vigor y desarrollo de las plántulas, reduciendo la fase de vivero entre 10 y 15 días y un ahorro de fertilizantes minerales entre 50 y 25 % en esta fase, en dependencia del nivel de fertilidad de los suelos para los Sistemas Agrícolas Eficientemente Micorrizados (SAEM) y producen una relación Beneficio/Costo entre 1,50 y 2,00. Se recomienda continuar incrementando el nivel de adopción de estos resultados en la producción.
Palabras clave: biofertilizantes, coinoculación, frutales.

EFFECT OF MYCORRHIZAS AND OTHER BIOFERTILIZERS IN PAPAYA, GUAVA AND AVOCADO IN RED FERRALITIC AND CARBONATED LOOSE BROWN SOILS

ABSTRACT
In order to determine the effect of co-inoculation with mycorrhizae, azotobacter and phosphorine in papaya, guava and avocado nurseries, a research program involving nine experiments was developed in Red Ferralitic and carbonated loose Brown soils at the Research Institute of Tropical Root and Tuber Crops (INIVIT). Six strains of arbuscualar mycorrhizical fungal strains (HMA), one of azotobacter and one of phosphorine were evaluated. A high specificity of soil-mycorrhiza strain was found, being the most efficient for the three fruit plants the *Glomus mosseae* strain for red ferralitic soil and *glomus intraradices* for carbonated loose brown soils, which produced significant effects on fresh and dry mass, plant height and active leaf number. The co-inoculation of the three biofertilizers produced greater vigor and seedling development, reducing the nursery stage between 10 and 15 days and mineral fertilizer savings between 50 and 25% at this stage, depending on soil fertility level for Efficient Mycorrhized Farming Systems (EMFS) and achieved a benefit / cost relation between 1,50 and 2,00. It is recommended to continue increasing the adoption level of these results in agricultural systems.

Keywords: biofertilizers, co-inoculation, fruit.

INTRODUCCIÓN

Los frutales tropicales como la papaya, la guayaba y el aguacate; son cultivos muy demandados por la población, sin embargo, en sentido general se siembran escasas áreas; por lo que se hace necesario incrementarlas (MINAG, 2015).

Los biofertilizantes constituyen una excelente alternativa como bioestimuladores del crecimiento y para compensar las necesidades nutrimentales de los frutales en la fase de vivero y campo (Ruiz *et al*., 2012).

Entre los años 1991 y 2015, se produjo una reducción drástica de la adquisición y aplicación de fertilizantes minerales, que llegó a ser en el año 1993 del orden del 80 %, con relación a los niveles aplicados en 1990. En la actualidad, aunque existe cierta tendencia a la recuperación, sólo se le aplica fertilizantes al 23 % de las áreas que se siembran (Dirección Nacional de Cultivos Varios, 2015).

Este trabajo tiene como objetivo determinar las cepas de micorrizas con mayor efectividad por tipo de suelo y cultivo, así como la mejor combinación de los biofertilizantes con dosis de NPK en la fase de vivero de la papaya, la guayaba y el aguacate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar cumplimiento a los objetivos se desarrolló esta investigación, la que se ejecutó en áreas del INIVIT durante los años 2010-2015; en la fase de vivero de los cultivos de papaya, guayaba y aguacate, los que se repitieron durante tres ciclos, siempre en la época de primavera (abril-septiembre).

Se utilizaron sustratos a base de suelos Ferralíticos Rojos y Pardos mullidos carbonatados, de baja a media capacidad de intercambio catiónico (Hernández *et al*., 1999), cuyas principales características químicas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características químicas de los suelos utilizados para conformar los sustratos (profundidad: 0-20 cm).

Tipo de suelo	pH		MO	P_2O_5	K_2O
	H_2O	KCl	(%)	(mg 100 gss^{-1})	
Ferralítico Rojo	6,3	5,7	1,65	14,30	19,92
Pardo mullido carbonatado	7,5	6,2	2,25	3,85	33,14

La caracterización del suelo se realizó a partir de las diferentes Normas Cubanas establecidas (NC-ISO 10 390, 1999; NC-51, 1999; NC-52, 1999; NC-209, 2002).

A partir de los criterios de interpretación nacionales (MINAG, 1984) utilizados para los diferentes métodos, se pueden caracterizar los mismos de la siguiente forma:

En lo que respecta al pH hay que señalar que el suelo Ferralítico Rojo presentó una reacción ligeramente ácida y el Pardo mullido carbonatado reacción entre neutro y ligeramente alcalino debido a la presencia de carbonatos libres.

Atendiendo a los valores correspondientes a la materia orgánica (MO), se pueden caracterizar como de contenidos bajos, indicativo de cierta degradación, con contenidos

medios de fósforo y potasio disponibles. Los análisis de suelo al inicio de cada ciclo experimental.

Los métodos analíticos utilizados fueron: el pH se realizó en KCl y H_2O por el método potenciométrico, con una relación suelo - solución de 1:2,5; la materia orgánica (MO) por el método colorimétrico de Walkley-Black, el P_2O_5 y K_2O por el método de Oniani para el suelo Ferralítico Rojo y Machiguin para el Pardo mullido carbonatado.

El sustrato se conformó con una relación suelo-materia orgánica de 1:1, utilizando la cachaza bien descompuesta como materia orgánica. Para la papaya se utilizaron balsas con capacidad de 1L y para la guayaba y el aguacate, capacidad de 5 L.

Tratamientos evaluados:

Experimentos de cepas de HMA.

- Testigo
- Glomus mosseae
- Glomus spurcum
- Glomus fasciculatum
- Glomus manihotis
- Glomus agregatum
- Glomus intraradices

Experimentos de efecto combinado de biofertilizantes y dosis de NPK.

- Testigo
- Aplicación de M+F+A
- Aplicación de M+F+A+50 % NPK
- Aplicación de M+F+A+75 % NPK
- Aplicación de 100 % NPK

M= micorrizas (*EcoMic*®), F= fosforina y A= azotobacter

Las semillas se recubrieron con *EcoMic*®, especie *G. mosseae* para suelo Ferralítico Rojo y especie *G. intraradices* para suelo Pardo mullido carbonatado. Dosis del inóculo: recubrir la semilla con *EcoMic*® con una dosis de 1kg de inóculo.600 ml H_2O^{-1}. La fosforina (cepa 16) y el azotobacter (cepa MB-23) se aplicaron a razón de 30 ml por bolsa al 5 % de concentración.

La aplicación del 100 % NPK en vivero corresponde a 1 g por bolsa para la papaya y 5 g por bolsa para la guayaba y el aguacate, de la fórmula completa 9-13-17.

Evaluaciones realizadas:

- Masa fresca (g.planta^{-1}), se determinó en el momento del trasplante en cada cultivo, obteniendo la masa fresca de toda la plántula.
- Masa seca (g.planta^{-1}), se determinó en el momento del trasplante en cada cultivo, obteniendo la masa seca de toda la plántula. Para obtener la masa seca las muestras se pusieron en una estufa con circulación de aire durante tres días, hasta peso constante, a una temperatura de 60 °C.
- Altura de la planta (cm), se determinó en el momento del trasplante en cada cultivo, midiendo la altura desde la base del tallo hasta el último brote floral.
- Hojas activas, se determinó en el momento del trasplante en cada cultivo, obteniendo el total de hojas activas por plántula.

Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado. Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza de clasificación simple y la comparación múltiple de medias se realizó según Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 y la Figura 1 A se muestra el efecto de las cepas de HMA sobre las plántulas de papaya en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Ferralítico Rojo, la mejor cepa fue *Glomus mosseae*, la que fue significativamente superior al resto y al testigo; esta cepa produjo 40,23 y 5,20 g.planta^{-1} de masa fresca y seca respectivamente, con altura de la planta de 20 cm y 18 hojas activas en el momento del trasplante.

Otras cepas que superaron al testigo fueron *G. fasciculatum, G. manihotis y G. agregatum*, pero con valores más bajos que *G. mosseae*.

Para el suelo Pardo mullido carbonatado la cepa de mejor comportamiento fue *G. intraradices*, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos y valores de las variables evaluadas de 45,92 y 6,30 g.planta^{-1} de masa fresca y seca respectivamente, 21 cm de altura y 20 hojas activas (Tabla 3 y Figura 1 B).

Tabla 2. Efecto de cepas de HMA sobre las plántulas de papaya en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Ferralítico Rojo (Promedio de tres ciclos).

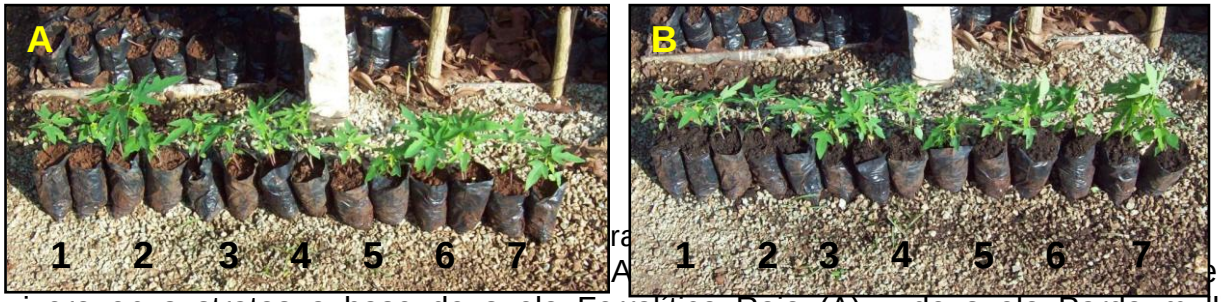
Tratamiento	Masa fresca (g.planta^{-1})	Masa seca (g.planta^{-1})	Altura (cm)	Hojas activas
1.Testigo	23,02 c	2,76 d	9 c	9 c
2. G. mosseae	40,23 a	5,20 a	20 a	18 a
3. G. spurcum	28,15 b	3,64 c	12 c	14 b
4. G. fasciculatum	35,20 b	4,55 b	15 b	15 b
5. G. manihotis	24,84 c	2,88 d	10 c	10 c
6. G. agregatum	33,90 b	4,29 b	14 b	15 b
7. G. intraradices	24,10 c	2,03 c	10 c	10 c
ES±	0,30*	0,10*	0,15*	0,20*

* Medias sin letras en común para las columnas, difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.

Tabla 3. Efecto de cepas de HMA sobre las plántulas de papaya en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Pardo mullido carbonatado (Promedio de tres ciclos).

Tratamiento	Masa fresca (g.planta$^{-1)}$	Masa seca (g.planta^{-1})	Altura (cm)	Hojas activas
1. Testigo	28,42 d	3,36 d	10 d	11 c
2. G. mosseae	35,23 c	4,90 c	13 c	14 b
3. G. spurcum	37,84 c	5,18 b	13 c	15 b
4. G. fasciculatum	40,17 b	5,60 b	17 b	16 b
5. G. manihotis	33,55 c	4,62 c	12 c	14 b
6. G. agregatum	39,81 b	5,46 b	16 b	16 b
7. G. intraradices	45,92 a	6,30 a	21 a	20 a
ES±	0,50*	0,12*	0,25*	0,30*

*Medias sin letras en común para las columnas, difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.



ra
A e de vivero en sustratos a base de suelo Ferralítico Rojo (A) y de suelo Pardo mullido carbonatado (B).

En los cultivos de la guayaba y el aguacate el comportamiento de las cepas de HMA fue similar al de la papaya, la mejor cepa para el suelo Ferralítico Rojo fue *Glomus mosseae* y para el Pardo mullido carbonatado *Glomus intraradices;* que demuestra la alta especificidad suelo-cepa y baja cultivo-cepa. (Tablas 4, 5, 6 y 7, y Figuras 2 y 3).

Resultados similares fueron encontrados por Sánchez (2001), Ruiz (2001), Ruiz *et al*. (2012), Espinosa *et al*. (2015 a y b), Simó (2016) y Ruiz *et al*. (2016); los que reportaron como la mejor cepa para el suelo Ferralítico Rojo a la *Glomus mosseae* y para el Pardo mullido carbonatado la *Glomus intraradices;* para los cultivos de la papa, yuca, boniato, malanga, ñame, plátano, banano y café.

Tabla 4. Efecto de cepas de HMA sobre las plántulas de guayaba en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Ferralítico Rojo (Promedio de tres ciclos).

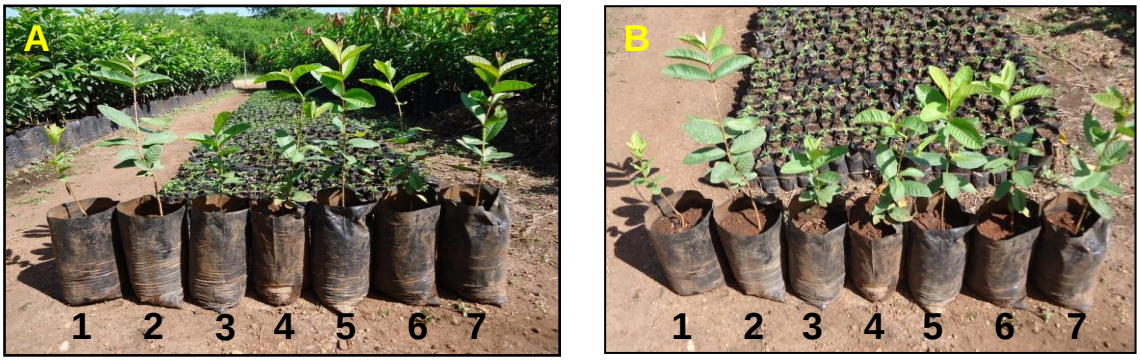
Tratamiento	Masa fresca (g.planta^{-1})	Masa seca (g.planta^{-1})	Altura (cm)	Hojas activas
1. Testigo	58,88 d	6,47 d	30 d	33 d
2. G. mosseae	90,03 a	13,50 a	45 a	70 a
3. G. spurcum	67,15 c	8,72 c	32 d	36 d
4. G. fasciculatum	84,20 b	11,78 b	40 b	50 b
5. G. manihotis	85,63 b	11,98 b	41 b	51 b
6. G. agregatum	83,00 b	11,62 b	40 b	51 b
7. G. intraradices	70,10 c	9,81 c	36 c	40 c
ES±	0,66*	0,17*	0,35*	0,40*

* Medias sin letras en común para las columnas, difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.

Tabla 5. Efecto de cepas de HMA sobre las plántulas de guayaba en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Pardo mullido carbonatado (Promedio de tres ciclos).

Tratamiento	Masa fresca (g.planta^{-1})	Masa seca (g.planta^{-1})	Altura (cm)	Hojas activas
1. Testigo	59,50 e	7,14 d	31 d	35 d
2. G. mosseae	67,52 d	8,07 d	35 d	41 c
3. G. spurcum	75,05 c	10,50 c	40 c	51 b
4. G. fasciculatum	91,25 b	13,62 b	45 b	54 b
5. G. manihotis	68,60 d	9,60 c	36 d	42 c
6. G. agregatum	90,00 b	13,65 b	45 b	55 b
7. G. intraradices	100,20 a	15,03 a	51 a	83 a
ES±	0,71*	0,21*	0,41*	0,44*

*Medias sin letras en común para las columnas, difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: Tratamientos evaluados

Figura 2. Ilustra el efecto de cepas de HMA sobre las plántulas de guayaba en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Ferralítico Rojo (A) y de suelo Pardo mullido carbonatado (B).

Tabla 6. Efecto de cepas de HMA sobre las plántulas de aguacate en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Ferralítico Rojo (Promedio de tres ciclos).

Tratamiento	Masa fresca (g.planta^{-1})	Masa seca (g.planta^{-1})	Altura (cm)	Hojas activas
1. Testigo	28,02 d	3,92 d	11 d	15 d
2. G. mosseae	55,04 a	8,28 a	22 a	30 a
3. G. spurcum	40,16 c	5,62 c	14 c	20 c
4. G. fasciculatum	46,15 b	6,92 b	18 b	25 b
5. G. manihotis	45,98 b	6,89 b	17 b	24 b
6. G. agregatum	44,28 b	6,64 b	17 b	24 b
7. G. intraradices	41,33 c	5,78 c	14 c	20 c
ES±	0,32*	0,15*	0,28*	0,31*

* Medias sin letras en común para las columnas, difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.

Tabla 7. Efecto de cepas de HMA sobre las plántulas de aguacate en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Pardo mullido carbonatado (Promedio de tres ciclos).

Tratamiento	Masa fresca (g.planta^{-1})	Masa seca (g.planta^{-1})	Altura (cm)	Hojas activas
1. Testigo	30,20 d	4,22 c	14 d	18 d
2. G. mosseae	40,07 c	5,60 c	17 c	23 c
3. G. spurcum	48,00 b	7,20 b	21 b	26 b
4. G. fasciculatum	49,50 b	7,42 b	22 b	27 b
5. G. manihotis	40,56 c	5,68 c	18 c	23 c
6. G. agregatum	48,65 b	7,30 b	21 b	26 b
7. G. intraradices	61,02 a	9,15 a	25 a	32 a
ES±	0,39*	0,16*	0,30*	0,32*

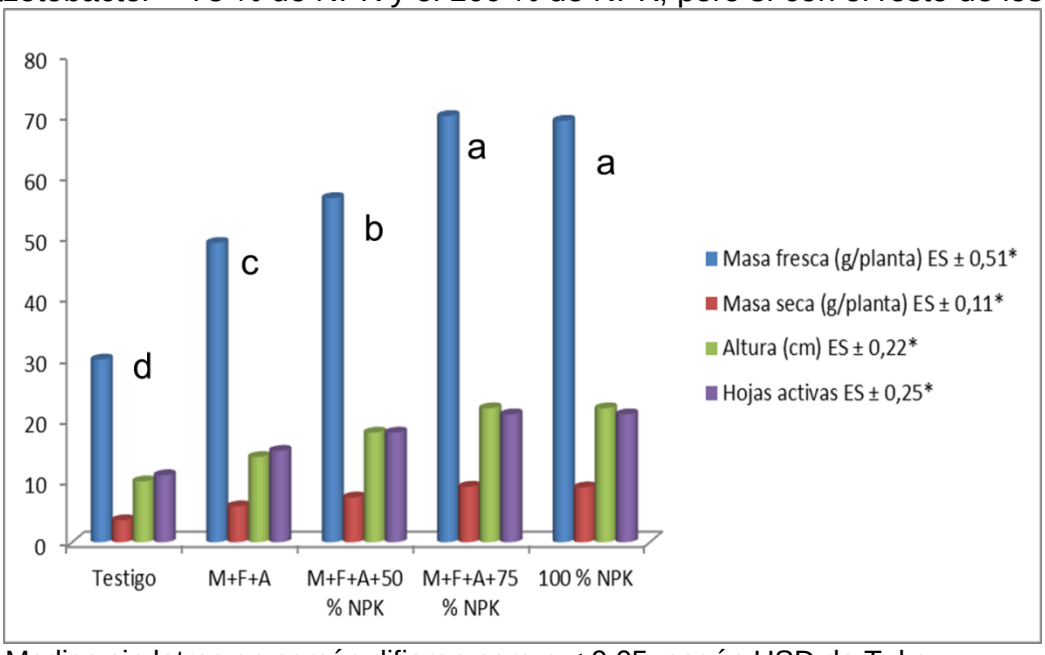
* Medias sin letras en común para las columnas, difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: Tratamientos evaluados

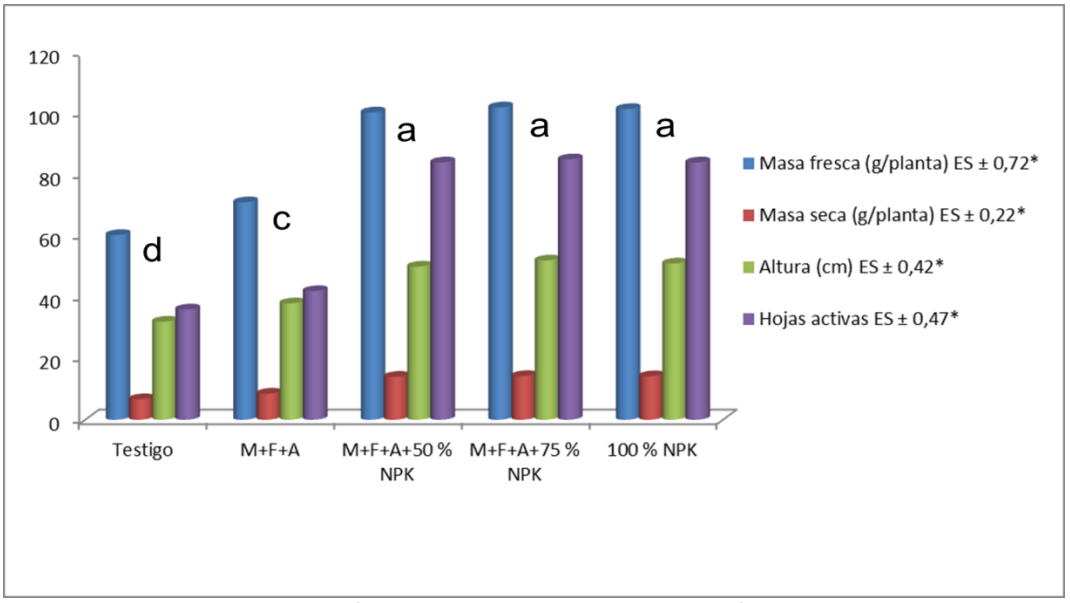
Figura 3. Ilustra el efecto de cepas de HMA sobre las plántulas de aguacate en la fase de vivero en un sustrato a base de suelo Ferralítico Rojo (A) y de suelo Pardo mullido carbonatado (B).

En las Figuras 4, 5 y 6 se muestra el efecto de HMA, fosforina, azotobacter y dosis de NPK en plántulas de papaya, guayaba y aguacate en fase de vivero; en el caso de la papaya y el aguacate el mejor tratamiento resultó ser micorrizas + fosforina + azotobacter + 75 % de NPK, el que no tuvo diferencias significativas con el 100 % de NPK, pero sí con el resto de los tratamientos para las variables evaluadas.
Para el cultivo de la guayaba el mejor tratamiento fue micorrizas + fosforina + azotobacter + 50 % de NPK, sin diferencias significativas con micorrizas + fosforina + azotobacter + 75 % de NPK y el 100 % de NPK; pero sí con el resto de los tratamientos.



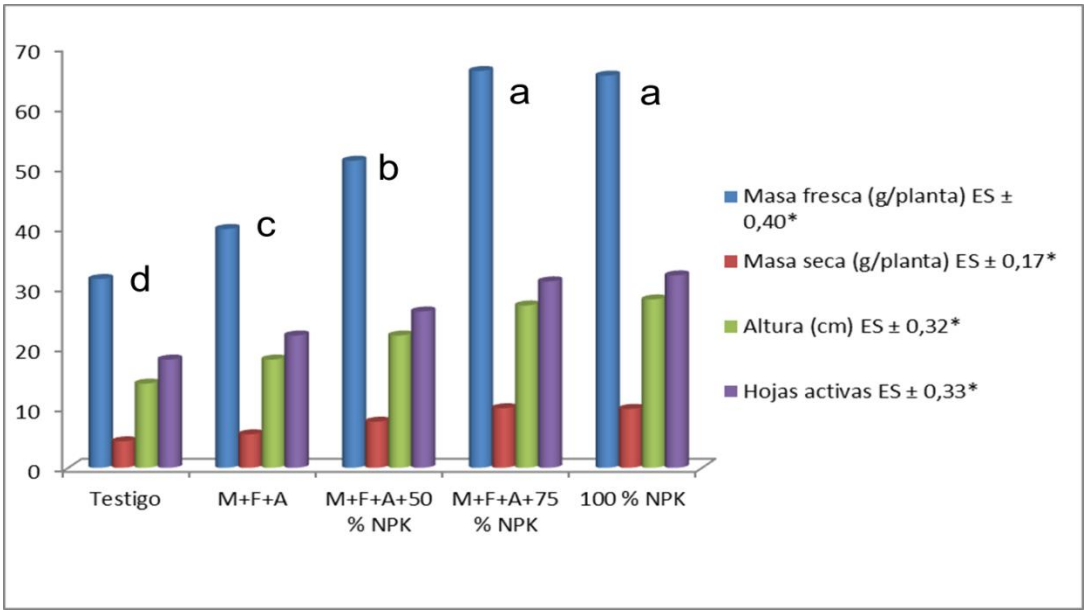
* Medias sin letras en común difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.
M= micorrizas (*EcoMic*®), F= fosforina y A= azotobacter

Figura 4. Efecto de HMA, fosforina, azotobacter y diferentes dosis de NPK en plántulas de papaya en fase de vivero (Promedio de tres ciclos).



* Medias sin letras en común difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.
M= micorrizas (*EcoMic*®), F= fosforina y A= azotobacter

Figura 5. Efecto de HMA, fosforina, azotobacter y diferentes dosis de NPK en plántulas de guayaba en fase de vivero (Promedio de tres ciclos).



* Medias sin letras en común difieren para p < 0,05, según HSD de Tukey.
M= micorrizas (*EcoMic*®), F= fosforina y A= azotobacter

Figura 6. Efecto de HMA, fosforina, azotobacter y diferentes dosis de NPK en plántulas de aguacate en fase de vivero (Promedio de tres ciclos).

CONCLUSIONES

1. Para el suelo Ferralítico Rojo la cepa más efectiva fue *Glomus mosseae*, que permitió los mayores valores de masa fresca, masa seca, altura de la planta y número de hojas activas en el momento del trasplante.

2. La cepa *Glomus intraradices* fue la que permitió los mayores valores de masa fresca, masa seca, altura de la planta y número de hojas activas en el momento del trasplante, en el suelo Pardo mullido carbonatado
3. Para la papaya y el aguacate el mejor tratamiento resultó ser la combinación de micorrizas + fosforina + azotobacter + 75 % de NPK y para el cultivo de la guayaba fue micorrizas + fosforina + azotobacter + 50 % de NPK.

BIBLIOGRAFIA

DIRECCIÓN NACIONAL DE CULTIVOS VARIOS 2015. Evaluación de los resultados de las raíces y tubérculos tropicales del año 2014. Ciudad de la Habana: MINAG. 15 p.

ESPINOSA A; L. RUIZ; R. RIVERA Y E. ESPINOSA. 2015 a. Efecto del Nitrógeno y hongos micorrícicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre un suelo Pardo mullido carbonatado. *Revista Centro Agrícola,* 42(2):39-46. ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001.

ESPINOSA, A; L. RUIZ; R. RIVERA Y E. ESPINOSA. 2015 b. Efecto de dosis de NPK y hongos micorrícicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre suelo Pardo mullido carbonatado en periodo lluvioso. Evento de Universidad de Holguín "Conferencia Científica Internacional 7ma Edición Universidad de Holguín", DVD-ROM ISBN 978-959-16-2472-7 F: \Agronomía\Publicación\.AGRO.

HERNÁNDEZ, A.; J. M. PEREZ JIMENEZ Y D. BOSCH INFANTE Y L. RIVERO. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ciudad de la Habana: AGRINFOR. 64 p.

MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). 1984. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana, Cuba. 136 p.

MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). 2015. Evaluación de los resultados del año 2014. Ciudad de la Habana: Grupo de Cultivos Varios. 17p.

NC-10 390. 1999. Calidad del suelo. Determinación de pH. NC-ISO 10 390:99. Ciudad de La Habana. 10 p.

NC-51. 1999. Calidad del suelo. Determinación del porcentaje de materia orgánica. NC 51:99. Ciudad de La Habana. 9 p.

NC-52. 1999. Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. NC 52:99. Ciudad de La Habana. 11 p.

NC-209. 2002. Calidad del suelo. Determinación de los aniones y cationes solubles en los extractos suelo-agua y el porcentaje de saturación. NC 209:02. Ciudad de La Habana. 10 p.

RUIZ, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos mullidos carbonatados y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias agrícolas. La Habana: INCA. 100 p.

RUIZ, L.; J. SIMO; S. RODRIGUZ Y R. RIVERA. 2012. Las Micorrizas en cultivos tropicales. Una contribución a la sostenibilidad agroalimentaria.Madrid: Editorial Académica Española, ISBN: 978-3-8484-5382-5, 239 p.

RUIZ MARTÍNEZ, L.; D. ARMARIO ARAGÓN, R. RIVERA ESPINOSA, A. ESPINOSA CUÉLLAR, J. SIMÓ GARCÍA Y E. ESPINOSA CUÉLLAR. 2016. Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano. *Rev. Agricultura Tropical*, 1(3):7-11.

SÁNCHEZ, C. 2001. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares en la producción de plántulas de cafetos (*C. arabica* L.) en algunos suelos del Escambray. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias agrícolas. La Habana: INCA. 101 p.

SIMO, J. 2016. Manejo efectivo de la simbiosis micorrícica arbuscular, el abono verde y alternativas orgánico-minerales en plantaciones del cultivar de banano 'FHIA-18' en suelos Pardos mullidos carbonatados. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias agrícolas. La Habana: INCA. 100 p.