



APLICACIÓN DE FITOMAS-E Y ECOMIC® PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE FERTILIZANTE MINERAL EN LA PRODUCCIÓN DE POSTURAS DE CAFETO

FitoMas-E and EcoMic® application for reduction of mineral fertilizer consumption in production of coffee tree seedlings

Luperio Barroso Frómeta¹✉, Maikel Abad Michel², Pedro Rodríguez Hernández³ y Eduardo Jerez Mompié³

ABSTRACT. At the coffee nursery of Puriales Business Basic Unit, San Antonio del Sur municipality, Guantánamo province, were developed three experiments during three campaigns of seedlings production (April-September/2012, October/2012-March/ 2013, April-September/2013). The objective was evaluating the FitoMas-E and EcoMic® application for reduction of mineral fertilizer consumption in coffee tree seedlings production with adequate agricultural quality. The treatments by stage were: dose among 0,5 and 2,0 L ha⁻¹ of FitoMas-E; two organic substrate with the best FitoMas-E dose and simple and combined mycorrhizal; proportional reductions of the mineral fertilizer from 100 % to 25 % with mycorrhizal and FitoMas-E combination. A completely randomized design in parcels of 1,44 m², and samples of ten plants for treatments was used. Simple ANOVA for experiments 1 and 3 and double ANOVA for experiment 2 were applied. The results showed the phytostimulant effect of FitoMas-E in the growth and development of coffee tree seedlings. The application of 1 L ha⁻¹ of FitoMas-E is the best-suitable for the evaluated growth variables (dry matter and foliar area). In the nursery final phase, the best behaviour was in the plants with combined application of mycorrhizal and FitoMas-E in all experiments, in coffee pulp as substrate. This combination allows the reduction until a 25 % the mineral fertilizer, with higher results compared to the application of 100 % of this fertilizer.

RESUMEN. En el vivero de cafeto de la Unidad Empresarial Básica de Puriales, municipio San Antonio del Sur, provincia Guantánamo, se desarrollaron tres experimentos durante tres campañas de producción de posturas (abril-septiembre/2012, octubre/2012- marzo/2013, abril-septiembre/2013), con el objetivo de evaluar la aplicación de FitoMas-E y EcoMic®, para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de cafeto con adecuada calidad agrícola. Los tratamientos por etapa fueron: dosis entre 0,5 y 2,0 L ha⁻¹ de FitoMas-E, dos sustratos orgánicos con la mejor dosis de FitoMas-E y la micorriza simple y combinada, reducciones proporcionales del fertilizante mineral desde un 100 % hasta el 25 % con la combinación de micorriza y FitoMas-E. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado en parcelas de 1,44 m², y muestras de diez plantas por tratamiento. Se aplicó ANOVA simple, para los experimentos 1 y 3 y ANOVA doble para el experimento 2. Los resultados evidencian el efecto fitoestimulante del FitoMas-E sobre el crecimiento y el desarrollo de posturas de cafeto. Se determinó que la aplicación de 1 L ha⁻¹ FitoMas-E es la más adecuada para las variables de crecimiento evaluadas (biomasa seca y área foliar). En el momento de la fase final del vivero, el mejor comportamiento se obtuvo en las plantas a las que se les aplicó el tratamiento de biofertilización de micorriza y FitoMas-E, combinados durante todo el experimento, en el sustrato de pulpa de café. Esta combinación logra reducir hasta un 25 % el fertilizante mineral con resultados superiores a la aplicación del 100 % del mismo.

Key words: coffee, nursery, mycorrhizal, FitoMas-E, fertilizer

Palabras clave: cafeto, vivero, micorriza, FitoMas-E, fertilizante

¹ Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal, avenida Che Guevara, km 2 ½, carretera Baracoa, Guantánamo, Cuba.

² Centro Universitario Municipal San Antonio del Sur, Guantánamo, Cuba.

³ Instituto Nacional Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

✉ luperio@fam.cug.co.cu

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es uno de los cultivos de importancia económica, su producción mundial es elevada, pues es un producto de alta demanda, de ahí que constituye una fuente de empleo y de divisas para muchas naciones de África, Asia y América Latina^A.

En el programa para el incremento de la producción de café del Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña se proyectó, para el período 2010-2015, la siembra de 81,1 millones de posturas de café dentro de las cuales 10,1 millones son de la especie *canephora*, que representan el 30 % (6088,7 ha) de las áreas a sembrar en todo el país^B y el 20 % del total de las áreas cultivadas en Cuba son de esta especie (1, 2).

En el caso de la producción de posturas, los viveros juegan un papel fundamental en la producción de plantas con calidad. Esto implica la necesidad del conocimiento y el uso de alternativas nutricionales para optimizar la producción de diferentes especies en vivero, obtener plantas mejor nutridas y lograr un 100 % de supervivencia en las áreas de estudio y así poder disminuir y evitar el agotamiento de los recursos no renovables como el suelo (3).

Debido al encarecimiento de los fertilizantes químicos, las escasas reservas naturales de algunos nutrientes, así como los grandes consumos energéticos para la fabricación de los fertilizantes, el uso de las alternativas biológicas se imponen no solo como una necesidad en la producción agrícola, sino también en la agricultura científica del futuro, sin afectar la ecología y con una factibilidad económica.

En este orden se asegura que la aplicación de microorganismos biofertilizadores son una alternativa viable para la nutrición vegetal, ya que ejercen un triple efecto sobre el suelo y la rizosfera de la planta, posibilitan la asimilación de nutrientes, son capaces de depositar exudados fitohormonales que estimulan el crecimiento vegetal y actúan como antagonistas de hongos fitopatógenos^C.

Es necesario señalar que la biofertilización, es una alternativa para la agricultura, su valor está en lograr una inoculación eficiente de los HMA y una aplicación correcta del FitoMas-E, ya que cuando esto se logra, aumenta la capacidad de los cultivos para absorber

nutrientes, agua y su protección contra organismos fitopatógenos.

De manera que, la asociación entre microorganismos de diferente naturaleza microbiológica es una práctica favorable para el desarrollo de los cultivos, reducción del ciclo vegetativo y consumo de fertilizantes (4). Asimismo se ha demostrado que la aplicación de FitoMas-E puede reducir al 50 % dosis de NPK en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*, L.) (5).

Tomando en consideración los elementos anteriormente expuestos, se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de evaluar el uso de FitoMas-E y EcoMic[®], para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de café, que permita obtener posturas de café con adecuada calidad agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el vivero de la Unidad Empresarial Básica de Puriales del municipio San Antonio del Sur, provincia Guantánamo, sobre una altura de 300 m. s. n. m., en tres periodos abril-septiembre/2012 (experimento 1), octubre/2012-marzo/2013 (experimento 2), abril-septiembre/2013 (experimentos 3), donde se emplearon normas de fertilización mineral reducidas con alternativas biológicas en la producción de posturas de café. La variedad de café empleada fue la Isla 6-14 y la producción de posturas se realizó en bolsas de polietileno de 14 x 20 cm.

Se conformaron canteros de 1,20 m de ancho x 20 m de longitud con 144 posturas, los que conformaron el tratamiento en cada caso. Para las evaluaciones se tomó una muestra de 10 plantas por tratamiento.

En todos los casos se sembraron semillas procedentes de las áreas de la Empresa Agropecuaria Municipal de San Antonio del Sur, dedicadas para este objetivo, a razón de dos semillas por bolsa de la variedad Isla 6-14, sembradas en un sustrato preparado con suelo Pardo Sialítico mullido sin carbonato (6) y estiércol vacuno (en los experimentos 1 y 2 y pulpa de café en el 2 y 3) en proporción 3:1 v/v. Con un contenido de nitrógeno de 1,15 %; fosforo de 0,17 % y potasio de 0,50 % para el estiércol vacuno, mientras que la pulpa de café con 3,25 % de nitrógeno; 0,39 % fosforo y 1,69 % de potasio.

Los datos climáticos donde se realizó el experimento aparecen en la Figura 1, que muestra los valores medio de esta localidad con datos desde enero del 2012 hasta diciembre del 2013, fecha que comprende el periodo de evaluación, en la que se puede comprobar que generalmente las variables evaluadas (temperatura, precipitaciones y humedad relativa) en el periodo de mayo a octubre incrementaron sus promedios mensuales, cuestión esta que constituye la tipicidad en el régimen pluviométrico en esta zona.

^A 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], Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 2002.

^B Sánchez, C. *Manejo de las asociaciones micorrizicas arbusculares en la producción de posturas de cafetos (C. arabica L.) en algunos suelos del Escambray* [Tesis de Doctorado], Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 2001, 103 p.

^C Mengana, A. *Manejo del suministro hídrico en el cultivo de la cebolla (Allium cepa) con empleo de alternativas biológicas en el Municipio El Salvador* [Tesis de Maestría], Guantánamo, Cuba, 2011, 61 p.

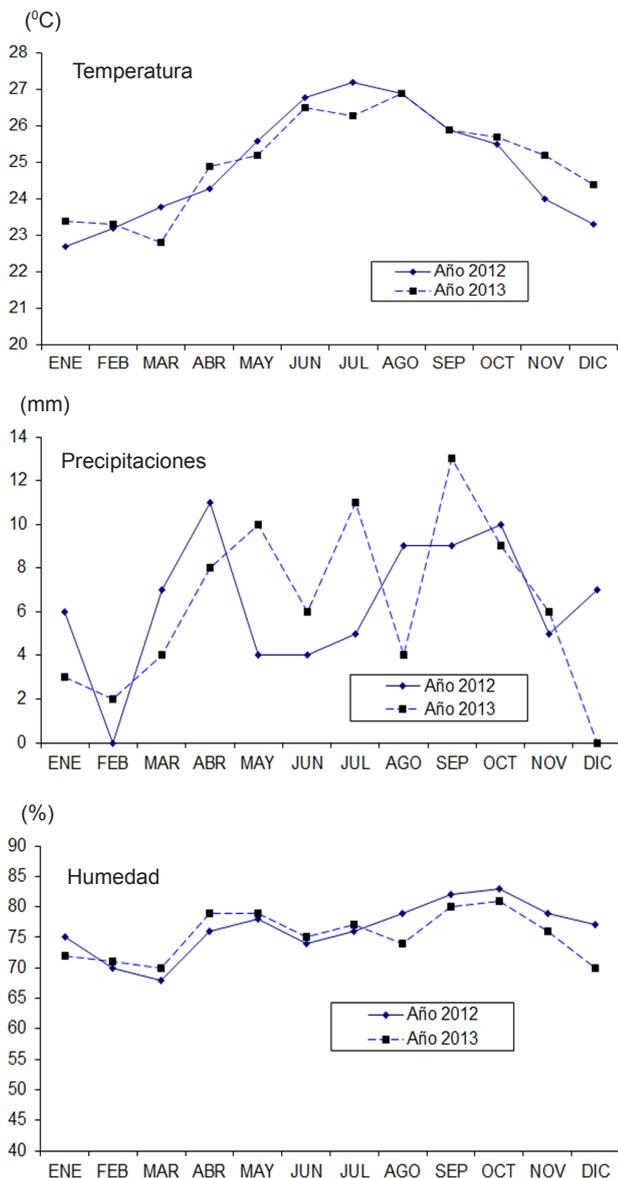


Figura 1. Variables climáticas evaluadas durante el desarrollo del experimento.

Los tratamientos bajo estudio por experimento fueron:

Experimento 1

- T1 - Testigo absoluto (sin aplicación)
- T2 - 0,5 L ha⁻¹ FitoMas-E
- T3 - 1,0 L ha⁻¹ FitoMas-E
- T4 - 1,5 L ha⁻¹ FitoMas-E
- T5 - 2,0 L ha⁻¹ FitoMas-E

Experimento 2

- T1 - S. E. vacuno (Testigo)
 - T2 - HMA 1 %
 - T3 - FitoMas-E (1L ha⁻¹)
 - T4 - HMA 1 %+ FitoMas-E (1 L ha⁻¹)
 - T5 - S. P. café (Testigo)
 - T6 - HMA 1 %
 - T7 - FitoMas-E (1L ha⁻¹)
 - T8 - HMA 1 % + FitoMas-E (1L ha⁻¹)
- } Estiércol vacuno
- } Pulpa de café

Experimento 3

- T1 - Testigo absoluto (sin aplicación de fertilizante ni alternativa)
- T2 - 100 % NPK (4 g)
- T3 - 75 % NPK (3 g) + HMA 1 %+ FitoMas-E (L ha⁻¹)
- T4 - 50 % NPK (2 g) + HMA 1 % + FitoMas-E (L ha⁻¹)
- T5 - 25 % NPK (1 g) + HMA 1 %+ FitoMas-E (L ha⁻¹)
- T6 - 0 % NPK (0 g) + HMA 1 %+ FitoMas-E (L ha⁻¹)

En los casos correspondientes se empleó la cepa de micorriza (*Glomus intraradices*), mediante el método de peletización de la semilla a razón del 1 % del peso de las mismas en el momento de la siembra. El FitoMas-E se aplicó a razón de 1 L ha⁻¹ en el segundo y tercer experimento.

Para caracterizar el crecimiento vegetal y la eficiencia micorrizógena, se evaluaron diferentes variables, tomándose 10 plantas por tratamiento en el momento del trasplante de las posturas.

VARIABLES EVALUADAS

- ♦ Área Foliar (AF); (cm²). Esta variable se estimó a partir de las dimensiones lineales de las hojas y de acuerdo con la fórmula: AF = largo x ancho x 064 (7).
- ♦ Biomasa seca total (Bs); (g). (masa seca foliar, masa seca radical, masa seca total). Las plantas se seccionaron (hojas-tallos, raíz y total). Para el trabajo con las raíces se lavaron cuidadosamente con agua todo el sustrato contenido en la bolsa como nicho de enraizamiento, después se introdujeron todas las plantas seccionadas en una estufa para su secado a una temperatura de 65 °C, hasta lograr masa constante, esta evaluación se realizó al terminar la etapa de vivero.
- ♦ Índice de eficiencia (IE); (%). Se empleó para determinar el efecto de la inoculación micorrizica, a partir de la fórmula propuesta por Sánchez (2001)^B. En este caso se aplicó a las variables área foliar y biomasa seca tomando como testigo de referencia las plantas no inoculadas en el mismo nivel de fertilidad o relación suelo-materia orgánica.

La fórmula utilizada para el índice de eficiencia es la siguiente:

$$IE (%) = \frac{A.F. Inoculado - A.F. Testigo}{A.F. Testigo} \times 100$$

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS REALIZADOS

En todos los casos los resultados experimentales fueron sometidos al análisis estadístico correspondiente (ANOVA simple, para los experimentos 1 y 3 y ANOVA doble para el experimento 2), aplicándose la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan con P≤0,05 % como criterio comparativo entre los distintos tratamientos. Todos los análisis estadísticos fueron procesados por el paquete estadístico STATISTICA (8).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

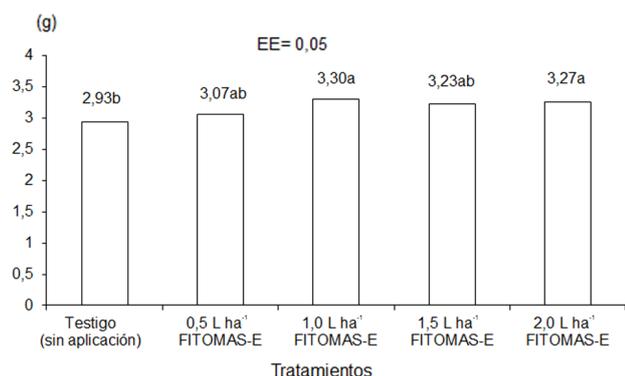
La discusión e interpretación de los resultados se hará en base al comportamiento de la biomasa seca total y el área foliar, basado en los criterios aportados por autores^{A, B} que han trabajado este cultivo:

Experimento 1: Evaluación de la respuesta de posturas de café ante diferentes dosis de FitoMas-E.

El crecimiento constituye un aumento irreversible del tamaño del vegetal, asociado generalmente a un incremento de la masa seca^D y denota los cambios cuantitativos que tienen lugar durante el desarrollo. La Figura 2 muestra la evaluación del crecimiento en biomasa seca total en plantas de café, tratadas con diferentes dosis de FitoMas-E y, de forma general, los mejores resultados se observan cuando a las plantas se les aplicó el fitoestimulante con 0,5 L ha⁻¹ hasta 2 L ha⁻¹.

A los 180 días (fase final del vivero) esta variable alcanzó una magnitud de 2,93 g promedio por planta en el tratamiento en que no se aplicó el FitoMas-E (Testigo) con diferencias significativas con respecto a los tratamientos donde se aplicó el fitoestimulante. En estos tratamientos se encontró una diferencia con valores que oscilaron entre 0,13 a 0,37 g de incremento en las plantas que fueron tratadas con diferentes dosis de FitoMas-E, estas diferencias representan desde el 4,55 % hasta el 12,50 % valor que se corresponde con la variante de aplicar 1 L ha⁻¹ del producto.

Es meritorio destacar que siempre que se aplicó el FitoMas-E se encontró en esta variable buenos resultados desde la dosis de 0,5 L ha⁻¹ hasta 2 L ha⁻¹. Sin embargo, no se encontró diferencias significativas entre estas variantes.



Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $P \leq 0,5 \%$, según dócima de Duncan.

Figura 2. Biomasa seca total de posturas de café tratadas con diferentes dosis de FitoMas-E.

^DBarroso, L. *Crecimiento, desarrollo y relaciones hídricas de la Albahaca Blanca (Ocimum basilicum L.) en función del abastecimiento hídrico* [Tesis de Ingeniería], Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 2004, 112 p.

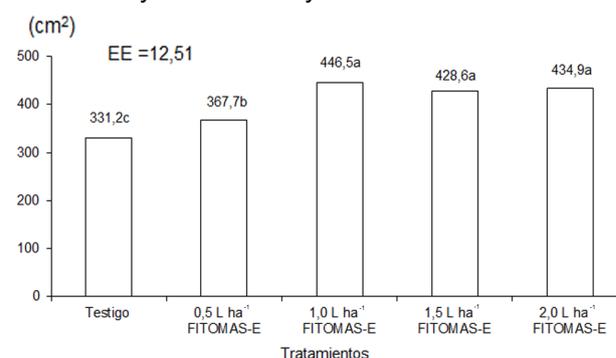
Los resultados de este trabajo evidencian el efecto fitoestimulante del FitoMas-E sobre el crecimiento y el desarrollo de posturas de café, lo cual confirma otros estudios realizados (9, 10). Estos autores coinciden en señalar que este producto ejerce efectos fisiológicos y metabólicos significativos sobre el ciclo biológico de los cultivos. El FitoMas-E es capaz de estimular la división y el alargamiento celular, así como la nutrición del cultivo, lo que favorece, a su vez, el crecimiento y el desarrollo vegetal, además de la germinación (11).

Los resultados del área foliar mostraron un comportamiento similar al de la masa seca total (Figura 3). El mejor comportamiento se obtuvo en las variantes que contaron con la aplicación del FitoMas-E desde 1 L ha⁻¹ hasta 2 L ha⁻¹ al final de la etapa de vivero.

En esta variable el tratamiento que no contó con la alternativa biológica y al que se le aplicó 0,5 L ha⁻¹ mostraron los valores más bajos. Las disminuciones dadas fundamentalmente por reducciones en el número y tamaño de las hojas (datos no mostrados), causado por el bajo nivel nutricional que experimentó el sustrato, al no contar con el FitoMas-E en un caso y una dosis baja en el otro durante el ciclo biológico del cultivo.

En la fase final del vivero esta variable alcanzó una magnitud de aproximadamente 447 cm² promedio por planta en el tratamiento en que se aplicó el FitoMas-E a una dosis de 1 L ha⁻¹, sin diferencia significativa con los tratamientos donde se aplicó el fitoestimulante a razón de 1,5 y 2 L ha⁻¹. En estos tratamientos se encontró una diferencia, en relación con el testigo con valores que oscilaron entre 37 a 115 cm², diferencias que representan desde el 11,03 % hasta el 34,82 %.

La incorporación del fitoestimulante por vía foliar a las posturas de café provocó un incremento en los minerales y bases nitrogenadas de las plantas, y el nitrógeno juega un papel fundamental como precursor del número de hojas, así como una mayor expansión foliar, a causa de un mayor número y tamaño de las células.



Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $P \leq 0,5 \%$, según dócima de Duncan.

Figura 3. Área foliar de posturas de café tratadas con diferentes dosis de FitoMas-E.

El aumento en el área foliar en los tratamientos donde se aplicó FitoMas-E, es la respuesta fisiológica del cafeto, cuando crece en un medio donde existe mayor suministro de elementos nutritivos. El nitrógeno, además, se incorpora en todas las moléculas de proteínas en las plantas y forma parte de los elementos que intervienen en la actividad fotosintética y respiratoria, por lo tanto, mejora el metabolismo de la planta y su crecimiento, dándole oportunidad a la misma de expresar su potencial para producir más crecimiento.

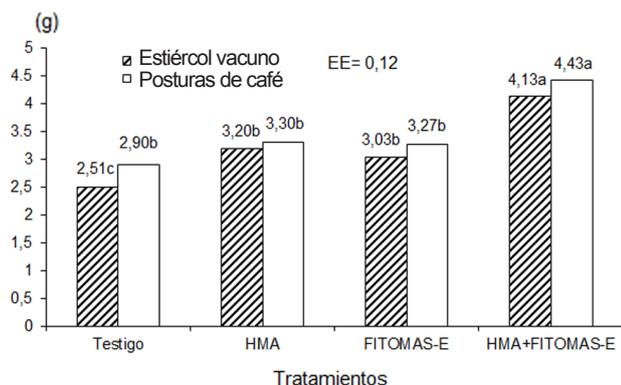
En todos los tratamientos en los que se empleó el fitoestimulante a partir de 1 L ha⁻¹ tuvo un efecto favorable sobre el indicador evaluado en las posturas de cafeto, lo que pudiera estar dado a que el producto cuenta con bases nitrogenadas, polipéptidos, N, P, K, entre otras especies químicas (12), que contribuyen al crecimiento de las plantas.

Al evaluar el FitoMas-E en el cultivo de la especie forestal *Albizzia cubana* en condiciones de vivero, el comportamiento del crecimiento se vio beneficiado con respecto al control (9), resultados que se corresponden con los obtenidos en este experimento.

Experimento 2. Respuesta de posturas de cafeto cuando se emplean la micorriza y FitoMas-E en dos sustratos orgánicos.

Partiendo de los resultados alcanzados en el experimento anterior, donde se obtuvo como mejor dosis 1 L ha⁻¹ de FitoMas-E, en este experimento se evaluó la respuesta de las posturas de cafeto a la combinación de dos fuentes orgánicas, el biofertilizante micorriza y el bioestimulante FitoMas-E.

La biomasa seca total de posturas de café tratadas con diferentes alternativas nutricionales y combinadas con dos sustratos orgánicos, se puede observar en la Figura 4. De forma general, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, obteniendo los mejores resultados cuando se combinó la micorriza y el FitoMas-E, independientemente del sustrato.



Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $P \leq 0,5\%$, según dócima de Duncan.

Figura 4. Biomasa seca total de posturas de cafeto tratadas con diferentes alternativas nutricionales en dos sustratos orgánicos.

En el momento de la fase final del vivero que coincide con la evaluación, el mejor comportamiento se obtuvo para el tratamiento donde las plantas se mantuvieron durante toda la etapa a la biofertilización con micorriza y FitoMas-E combinada, lo que demostró la efectividad de la aplicación de alternativas biológicas de forma combinada. Resultados positivos fueron obtenidos con el empleo de alternativas biológicas (Pectimorf+Ecomic) de forma combinada, al lograr estimulación del crecimiento y desarrollo en la especie hortícola de rabanito (13).

Este tratamiento donde se empleó la micorriza combinada con el FitoMas-E alcanzó una diferencia de 1,63 g (sustrato estiércol vacuno) y 1,53 g (sustrato pulpa de café) con respecto al tratamiento control, valor que representa el 64,89 % y 52,87 % respectivamente.

Estos resultados demuestran la factibilidad del uso de biofertilizantes en el cultivo, fundamentalmente, cuando son combinados y el sustrato no está bien representado por una buena reserva nutricional. Este resultado se corresponde con los obtenidos por otros autores (14), quienes plantean además, tolerancia de las plantas ante un amplio espectro de estreses bióticos y abióticos, con el empleo de los brasinoesteroides.

La tecnología de los microorganismos benéficos o eficientes es una alternativa viable para cualquier productor agrícola, sobre todo caficultor, si se considera que es económica, de fácil fabricación y aplicación, y que los rendimientos agrícolas ostentan resultados con una calidad superior (15).

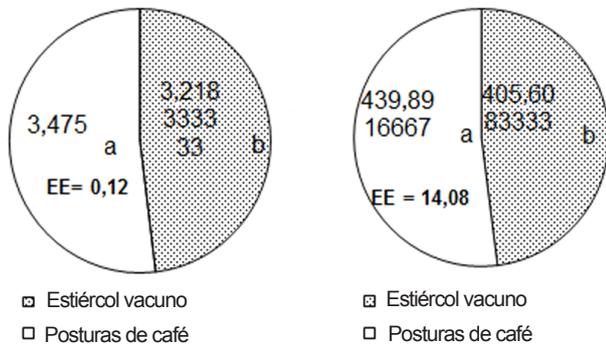
Un elemento interesante a destacar es que cuando se utilizaron ambas alternativas, de forma independiente, mostraron resultados similares independientemente del sustrato.

Es evidente que al igual que en el experimento 1 el FitoMas-E resultó ser un factor determinante en la producción de masa seca promedio por planta. Aunque, este indicador se favoreció más al combinar el fitoestimulante con la micorriza, lo que demuestra el efecto positivo y sinérgico que se establece entre ambos productos en el interior de la planta, resultados que se corresponden con los encontrados en estudio realizado en la especie forestal *Albizzia cubana* en condiciones de vivero (9).

La Figura 5 muestra la comparación de las dos fuentes orgánicas empleadas en la producción de posturas de cafeto en las dos variables objeto de análisis y, como se puede observar, en ambos casos el sustrato compuesto por la pulpa de café mostró los mejores resultados.

Es meritorio destacar que independientemente de la variable evaluada la fuente orgánica pulpa de café mostró las mejores medias con diferencia significativa, con respecto al estiércol vacuno, con diferencia de 0,26 g en el caso de la biomasa seca total y de 31,28 cm² para la variable área foliar, valores que representan el 8,07 y 8,45 % respectivamente. Resultados que están

influenciados por el contenido de nitrógeno 3,25 %; fósforo 0,39 % y potasio 1,69 %, superior en la pulpa de café que en el estiércol vacuno que solo presentó porcentaje de nitrógeno 1,15 %; fósforo 0,17 % y potasio 0,59 %.



Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $P \leq 0,5 \%$, según dócima de Duncan.

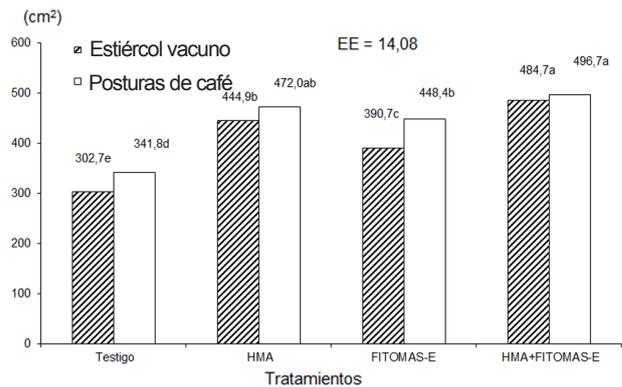
Figura 5. Biomasa seca total y área foliar de posturas de cafeto cultivadas en dos sustratos orgánicos.

Sobre estos resultados se evidencia que aunque en la combinación no hay diferencia entre los dos sustratos, es necesario resaltar, que en el caso de los testigos, sí se evidencian las diferencias entre ellas, aspectos que indican una mayor eficiencia de la micorriza sobre el sustrato estiércol vacuno, al mostrar una menor diferencia entre el testigo y la combinación.

La diferencia mostrada entre los dos sustratos, de forma general, puede estar dada a que la micorrización resulta eficiente, cuando las plantas se desarrollan en condiciones de suministro no óptimo de nutrientes, especialmente de aquellos elementos que tienen poca movilidad, como el caso del fósforo, y responden a los mecanismos de difusión, de manera que exista una ganancia neta para la planta con esta asociación, la energía y productos del metabolismo de la planta que son utilizados para el desarrollo de las micorrizas, serán largamente retribuidos por los incrementos en adsorción y en la tasa de crecimiento neto^A.

En la Figura 6 se presenta el área foliar de posturas de cafeto tratadas con diferentes alternativas nutricionales y dos sustratos orgánicos. Se encontró que los tratamientos empleados provocaron diferencias significativas en la evaluación realizada. Los mejores resultados se alcanzaron en los tratamientos donde se aplicó las alternativas biológicas combinadas, sin diferencia entre las dos fuentes orgánicas.

Cuando se aplicaron las dos alternativas biológicas de forma individual hongos micorrizicos y el FitoMas-E la respuesta fue diferenciada para el sustrato orgánico estiércol vacuno y el FitoMas-E, al parecer el fitoestimulante es más efectivo cuando el sustrato es a base de pulpa de café que cuando se utiliza el estiércol vacuno.



Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $P \leq 0,5 \%$, según dócima de Duncan.

Figura 6. Superficie foliar de posturas de cafeto tratadas con diferentes alternativas nutricionales en dos sustratos orgánicos.

De la misma manera que se ha venido analizando en resultados anteriores de esta variable de área foliar, los resultados más desfavorable se encontraron cuando las plantas fueron cultivadas en condiciones de norma técnica (relación 3:1 suelo: estiércol vacuno). Sin embargo, la aplicación de la micorriza y FitoMas-E de forma combinada favoreció notablemente la producción del área foliar, al lograrse un incremento significativo de esta variable del crecimiento, en comparación con las plantas controles (testigo), con valores que oscilaron entre 154,9 cm² y 182,0 cm², valores que representan el 45,31 % para la pulpa de café y 60,12 % para el estiércol vacuno.

El efecto fitoestimulante del FitoMas-E ha sido observado en cultivos de interés agroeconómicos como tomate, pimiento, pepino, habichuela, caña de azúcar, rábano, tabaco, melón, fresa, entre otros (10). Este efecto beneficioso guarda relación con la composición química del FitoMas-E, en los estudios realizados donde se determinó el perfil de aminoácidos presentes en el mismo y se encontraron que la fase líquida del producto contenía 16 aminoácidos, elemento este necesario para la síntesis de proteína (12). Asimismo, contiene base nitrogenada, elemento que interviene en la replicación del ADN y en la síntesis del ARN (16).

Estos resultados se corresponden, además, con los obtenidos en el cultivo del cacao al evaluar dos cepas de micorrizas en un suelo pardo, donde se obtuvo que las cepas empleadas se comportaron como eficientes al garantizar mayor área foliar e índice de vigor de las posturas^E.

^E Aranda, R. *Diferentes fuentes de materia orgánica y cepas de hongos micorrizógenos en la producción de posturas de cacao (Theobroma cacao Lin.)* [Tesis de Maestría], Facultad Agroforestal de Montaña Guantánamo, 2010.

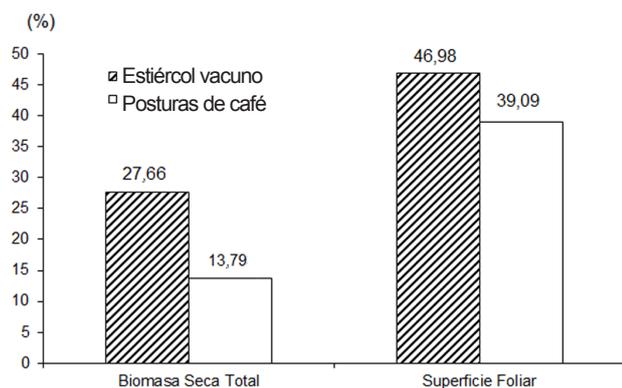
Algunos autores, trabajando con especies forestales micorrizadas, plantearon que el comportamiento del desarrollo fisiológico de la planta, se debe al incremento en la absorción del fósforo a través de la formación simbiótica de órganos en la raíz, permitiendo así que las plantas sean más resistentes a diferentes cambios adversos que puedan existir en un ecosistema (3, 17).

El comportamiento del Índice de Eficiencia Micorrizógena en dos sustratos orgánicos a partir de la biomasa seca total y de la superficie foliar se muestra en la Figura 7 y, de forma general, sus porcentajes oscilaron entre 13,79 y 46,98 %, con los mejores resultados reflejados en el sustrato orgánico de estiércol vacuno, esto puede ser ocasionado por la capacidad que tiene la micorriza de elevar su eficiencia en los casos de baja fertilidad.

Un mejor comportamiento micorrízico se encontró cuando existieron condiciones de menores disponibilidades de nutrientes en el sustrato^A, en cuyas condiciones las cepas de micorrizas presentaron los mayores efectos agrobiológicos, sobre el desarrollo de las posturas de caféto.

Es importante señalar que la inoculación con cepas eficientes de HMA incrementan los contenidos de los macronutrientes (N, P y K) en las plantas, indicando que no solo la micorrización está ligada con la nutrición fosfórica, como lo plantean diferentes autores (9, 18), sino con los otros elementos, lo que sugiere una vez que las plantas están micorrizadas, este mecanismo incrementa la absorción de los elementos en general, tales como P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mo, B (19).

La biomasa seca total mostró los más bajos porcentajes, siendo la pulpa de café la de peor comportamiento.



Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $P \leq 0,5$ %, según dócima de Duncan.

Figura 7. Comportamiento del Índice de Eficiencia Micorrizógena en dos sustratos orgánicos a partir de la biomasa seca total y la superficie foliar.

Los porcentajes en esta variable estuvieron en el orden de 13,79 % y hasta 27,66 %. Sin embargo, la variable área foliar resultó ser más expresiva de este índice.

Los bajos índices de eficiencia micorrizógena en las variables estudiadas cuando se empleó la pulpa de café, pueden estar influenciados por el mayor contenido de nitrógeno (3,25 %), fósforo (0,39 %) y potasio (1,69 %) con respecto al estiércol vacuno que son menores (1,15 %, 0,17 %, 0,50 % en ese mismo orden). Las hifas fúngicas tienen mayor afinidad por el ión fosfato cuando la concentración de este en solución es baja (20), de ahí el mayor índice de eficiencia micorrizógena en el estiércol vacuno.

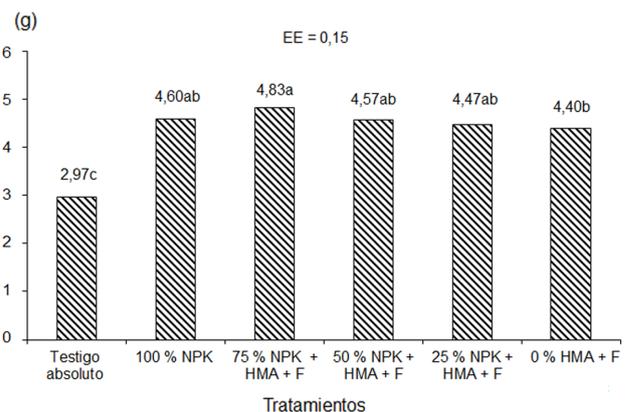
En relación con la inclusión de los HMA en un sistema de fertilización con estiércol vacuno se ha informado que las cantidades de nutrientes a aplicar para alcanzar un determinado nivel de rendimiento, suelen ser menores que las necesarias para lograr ese rendimiento en ausencia de inoculación (21).

Sin embargo, aunque el comportamiento de la eficiencia micorrizógena haya sido mejor en el sustrato que contiene estiércol vacuno, no significó un mejor comportamiento morfológico en las posturas de café, fenómeno que puede estar ocasionado por la riqueza nutricional que contiene la pulpa de café, que garantiza una mayor disponibilidad de nutriente en el sustrato para ser absorbida por la planta.

Experimento 3. Evaluación de la combinación de micorriza y FitoMas-E con reducciones de fertilizante químico.

La biomasa seca total de posturas de caféto tratadas con la combinación de FitoMas-E y micorriza en diferentes niveles de N-P-K se muestra en la Figura 8.

Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, los mejores resultados se encontraron cuando se aplicó fertilizante químico.



Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $P \leq 0,5$ %, según dócima de Duncan.

Figura 8. Biomasa seca total de posturas de caféto tratadas con FitoMas-E, Micorriza y diferentes niveles de N-P-K.

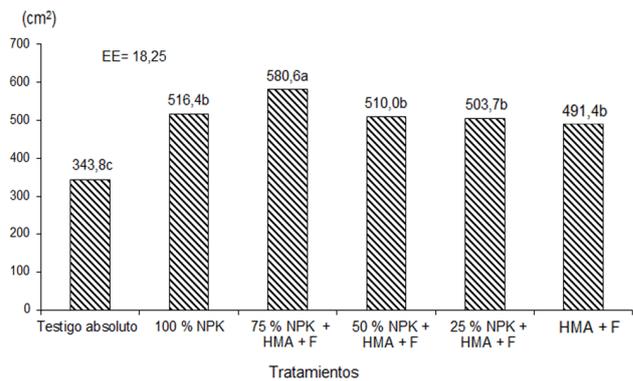
Un aspecto importante a señalar es que cuando se aplicó el 100 % de la fertilización mineral, las plantas no manifestaron diferencias con aquellas donde se empleó el 75, 50 y el 25 % de la misma, siempre y cuando estuvo presente la combinación del biofertilizante y el fitoestimulante, esto puede estar relacionado por las condiciones experimentales (la combinación del HMA y el FitoMas-E), que por una parte, la micorriza incrementó la eficiencia y la absorción de nutrientes y agua y, por otro lado, el FitoMas garantizó una absorción rápida de nutrientes por vía estomálica y las plantas lograron garantizar con ello el porcentaje necesario de NPK y desarrollar sus potencialidades óptimas de crecimiento.

Es posible también, que la combinación del HMA y el FitoMas-E mejore las condiciones hídricas de las plantas, dado a los beneficios que brindan los hongos micorrizógenos ante condiciones de estrés. En este sentido se ha establecido que existe una correlación significativa entre el contenido hídrico del suelo y la eficiencia en el uso del nitrógeno^F, por tanto, un nivel eficiente de agua garantiza una planta sin estrés hídrico, que incrementa la tasa de crecimiento, debido a un incremento en biomasa. Aspecto también asociado a la disponibilidad del fósforo en el suelo.

Este efecto positivo en el crecimiento explica el aumento en la disponibilidad de nutrientes para la planta hospedante que favorecen la acción de los HMA. En estudios realizados (22) se encontró respuesta similar y también incremento en las comunidades microbianas cuando se empleó un sustrato compuesto por suelo y cachaza. Se plantea, además, que la inoculación de cepas eficientes de HMA, combinadas con la aplicación de fertilizantes minerales u orgánicos (23), incrementan la eficiencia del uso de los nutrientes y reducen las dosis de abonos orgánicos o fertilizantes minerales a aplicar.

En trabajos anteriores ya se ha reportado el beneficio directo que conlleva a los cultivos, la aplicación combinada de abonos orgánicos e inoculación de micorrizas arbusculares, sobre el desarrollo de las plantas (24, 25).

El área foliar de posturas de café tratadas con la combinación de FitoMas-E y micorriza en diferentes niveles de N-P-K se muestra en la Figura 9. Se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos. El mejor resultado lo mostró el tratamiento 75 % de N-P-K y combinación de micorriza y FitoMas-E.



Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $P \leq 0,5 \%$, según dócima de Duncan.

Figura 9. Área foliar de posturas de café tratadas con FitoMas-E, Micorriza y diferentes niveles de N-P-K.

Cuando se aplicó la combinación de las alternativas biológicas, unido al 75 % de la fertilización mineral, se obtuvo el mejor resultado en la variable de superficie foliar con una diferencia de 237 cm² con respecto al testigo absoluto, valor este que representa 68,89 % del incremento. De igual forma mostró una diferencia de 65 cm² con respecto al 100 % de aplicación de N-P-K, lo que representa el 12,59 %.

En el tratamiento donde las plantas crecieron solo con la proporción 3:1 suelo: pulpa de café, se encontraron los valores más bajos en esta variable, debido a la ausencia del fertilizante químico durante la etapa de vivero y no contar, además, con la combinación de la micorriza y el FitoMas-E que pudieran suplir esta deficiencia.

Estas plantas probablemente no contaron con un buen balance hídrico y disponibilidad de nutrientes en determinados momentos del ciclo al no disponer de alternativas, tales como, la combinación estudiada. Este hecho repercutió en la reducción del área foliar de la planta, mecanismo que desarrollan algunas especies vegetales cuando son expuestas a niveles limitados de humedad, con el objetivo de disminuir las pérdidas por transpiración^E.

En este contexto se plantea que las plantas que sufren deficiencias de fósforo reducen la expansión foliar^G, con una menor área foliar y un menor número de hojas, asociado con un amarillamiento y senescencia prematura de las hojas maduras. En contraste, el contenido de proteínas y de clorofila por unidad de área foliar no es muy afectado.

^FGleddie, S.C.; Schlechte, D. y Turnbull, G. "Effect of inoculation with *P. bilaii* on phosphate uptake and yield of canola in Western Canada", *Proceed. Alberta Soil Science Workshop*, Edmonton, Alberta, Canadá, 1993, pp. 155-160.

^GPérez, A. *Fertilización y requerimientos de nitrógeno para plantaciones de Coffea canephora Pierre ex Froehner var. Robusta cultivada en suelos Pardos de la región oriental premontañosa de Cuba* [Tesis de Ingeniería], Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba, 2011, 98 p.

Aunque el contenido de clorofila no fue determinado, frecuentemente en estas condiciones es aún mayor en plantas deficientes, lo que les da a las hojas un color verde oscuro; sin embargo, la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila es mucho menor. El crecimiento aéreo se deprime más que el radical, destinando las plantas una proporción mayor de carbohidratos hacia las raíces. Todo esto resulta en una subutilización de los recursos del ecosistema, como la radiación y el agua, lo que determina inferiores producciones de biomasa verde.

En estudios de reducción de la fertilización nitrogenada con empleo del FitoMas-E, en el cultivo del ajo, se obtuvo que la mejor respuesta, desde el punto de vista económico, ocurre cuando se le aplica la dosis de 1,0 L ha⁻¹ de FitoMas-E + N al 50 % (26).

Es interesante resaltar que el resultado derivado de esta investigación coadyuva con la realidad productiva, porque supone que con la aplicación combinada del EcoMic® y FitoMas-E, se reduce el 25 % del consumo de fertilizante químico actualmente en uso, lo cual indica, que con la misma cantidad de sustrato y menos cantidad de fertilizante, se producen posturas de calidad amparada en el área foliar, como lo referencian los diferentes autores.

CONCLUSIONES

- ♦ La aplicación de FitoMas-E (1 L ha⁻¹) incrementa el crecimiento y desarrollo de las posturas de café, reflejado en la superficie foliar, en relación con el tratamiento control.
- ♦ De las dos fuentes orgánicas empleadas en la elaboración del sustrato, la pulpa de café fue la que mejor resultado mostró con valores alrededor del 8 % de incremento con respecto al estiércol vacuno.
- ♦ La combinación micorriza y FitoMas-E reduce el 25 % de la fertilización mineral utilizada en el sistema de producción de posturas de café.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez, A.; Bustamante, C.; Viñals, R. y Rivera, R. "La fertilización nitrogenada de *Coffea canephora* Pierre var. Robusta en función del rendimiento y algunos indicadores químicos y microbiológicos de suelos Cambisoles de Cuba", *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 3, septiembre de 2010, pp. 00-00, ISSN 0258-5936.
2. Pérez, A.D.; Bustamante, C.A.G.; Martín, G.M.A.; Rivera, R.A.E.; Viñals, R.N. y Rodríguez, M.I.C. "Nitrogen fertilization after robusta coffee pruning in Cambisols", *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 46, no. 8, agosto de 2011, pp. 935-943, ISSN 0100-204X, DOI 10.1590/S0100-204X2011000800021.
3. Falcón, E.O.; Riera, M.C.N. y Rodríguez, O.L. "Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelos", *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 3, septiembre de 2013, pp. 32-39, ISSN 0258-5936.
4. Martínez-Viera, R. y Dibut, A.B. *Biofertilizantes bacterianos*, edit. Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba, 2012, p. 279, ISBN 978-959-05-0659-8.
5. Saborit, R.R.; Meneses, P.D. y Cañizares, A.S. "Efecto de las aplicaciones de Fitomas-E combinadas con la fertilización orgánica y mineral sobre los rendimientos agrícolas del cultivo del arroz en aniego", *InfoCiencia*, vol. 17, no. 4, 16 de diciembre de 2013, pp. 1-10, ISSN 1029-5186.
6. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, p. 93, ISBN 978-959-7023-77-7.
7. Soto, F. "Estimación del área foliar en *Coffea arabica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas", *Cultivos Tropicales*, vol. 2, no. 3, 1980, pp. 115-128, ISSN 0258-5936.
8. StatSoft, Inc. *STATISTICA (data analysis software system)* [en línea], versión 8.0, [Windows], edit. StatSoft, US, 2007, Disponible en: <<http://www.statsoft.com>>.
9. Rodríguez, Y.; Riera, M.; Álvarez, P. y Telo, L. "Comportamiento del café de la aplicación de productos biológicos a la especie *Albizia cubana* en condiciones de vivero", *Revista Forestal Baracoa*, vol. 30, no. 2, 2011, pp. 43-50, ISSN 2078-7235.
10. Alarcón, Z.A. "Efecto del Biobras-16 y el Fitomas-E en algunos indicadores del crecimiento y el rendimiento del tomate (*Solanum Lycopersicum*, Lin) variedad «Vyta»", *Revista Granma Ciencia*, vol. 16, no. 1, 2012, ISSN 1027-975X, [Consultado: 16 de mayo de 2015], Disponible en: <http://www.granma.inf.cu/grciencia/vol%2016/1/2012_16_n1.a14.pdf>.
11. Baños, H.L.; Alemán, J.; Martínez, M.; Ravelo, J.; Surís, M.; Miranda, I. y Rodríguez, H. "Efecto de bioestimulantes sobre la germinación y el crecimiento de *Murraya paniculata* L.", *Cultivos Tropicales*, vol. 30, no. 1, marzo de 2009, ISSN 0258-5936, [Consultado: 16 de mayo de 2015], Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362009000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es>.
12. Castillo-Portela, G.; Villar-Delgado, J.; Montano-Martínez, R.; Martínez, C.; Pérez-Alfocea, F.; Albacete, A.; Sánchez-Bravo, J. y Acosta-Echeverría, M. "Cuantificación por HPLC del contenido de aminoácidos presentes en el FITOMAS-E", *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. 45, no. 1, 2011, pp. 64-67, ISSN 0138-6204.
13. Barroso, L.; Montoya, A.; Pozo, P.; Suárez, F. y Boicet, T. "Respuesta del rabanito (*Raphanus sativus* L.) al empleo de fuentes orgánicas bioactivas Pectimorf y Ecomic", *Hombre, Ciencia y Tecnología*, vol. 17, no. 4, 2013, pp. 1-10, ISSN 1028-0871.
14. Cable, L.O. y Almaguer, E.F. "Alternativa saludable y económica para lograr una agricultura sostenible: los microorganismos eficientes", *Revista Electrónica Luz*, vol. 12, no. 1, 2013, pp. 84-95, ISSN 1814-151X.
15. Núñez, M.; Mazorra, L.M.; Reyes, Y. y Martínez, L. "Los brasinoesteroides y las respuestas de las plantas a estrés abióticos. Una visión actualizada", *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 2, junio de 2010, pp. 00-00, ISSN 0258-5936.

16. Russell, P.J. *IGenetics: A Molecular Approach*, 3.^a ed., edit. Benjamin Cummings, 2010, p. 858, ISBN 978-0-321-56976-9.
17. Falcón, E.O.; Riera, M.C.N. y Rodríguez, O.L. "Efecto de la aplicación de micorrizas arbusculares sobre la producción de posturas de Caoba antillana (*Swietenia mahagoni* L. Jacq)", *Hombre, Ciencia y Tecnología*, vol. 14, no. 4, 2011, [Consultado: 9 de junio de 2015], Disponible en: <<http://cienciagtmo.idict.cu/index.php/http/article/view/177>>.
18. Álvarez, J.L.; Núñez, D.B.; González, R.L. y Terence, G. "Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes en col de repollo (*Brassica oleracea* L.) en condiciones de organopónico semiprotectado", *Centro Agrícola*, vol. 39, no. 4, 2012, pp. 27-30, ISSN 0253-5785.
19. Marschner, H. y Dell, B. "Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis", *Plant and Soil*, vol. 159, no. 1, 1 de febrero de 1994, pp. 89-102, ISSN 0032-079X, 1573-5036, DOI 10.1007/BF00000098.
20. Cress, W.A.; Throneberry, G.O. y Lindsey, D.L. "Kinetics of Phosphorus Absorption by Mycorrhizal and Nonmycorrhizal Tomato Roots", *Plant Physiology*, vol. 64, no. 3, 9 de enero de 1979, pp. 484-487, ISSN 0032-0889, 1532-2548, DOI 10.1104/pp.64.3.484, [PMID: 16660993].
21. González, P.J.; Rivera, R.; Arzola, J.; Morgan, O. y Ramírez, J.F. "Efecto de la inoculación de la cepa de hongo micorrízico arbuscular *Glomus hoi-like* en la respuesta de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato ii (CIAT 36087) a la fertilización orgánica y nitrogenada", *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 4, diciembre de 2011, pp. 05-12, ISSN 0258-5936.
22. Rivera, R.A.E.; Martín, J.V.C.; Calderón, A.P. y Torrez, A.H. "Utilización de cepas eficientes de hongos micorrizicos arbusculares en el desarrollo de portainjertos de aguacate en un sustrato suelo-cachaza", *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 2, junio de 2011, pp. 172-183, ISSN 0258-5936.
23. Martín, G.M.A.; González, P.J.C.; Rivera, E.R.; Arzola, B. y Díaz Alberto Pérez "Efecto de la aplicación de estiércol vacuno e inoculación micorrizica sobre el crecimiento y producción de semillas de *Canavalia ensiformis* en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados", *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 1, marzo de 2014, pp. 86-91, ISSN 0258-5936.
24. Durand, J.I.; Jiménez, C. y Silega, L. "Comportamiento morfológico y productivo del cultivo boniato (*Ipomoea batata* L.) con el empleo de alternativas orgánicas en suelos salinizados de Guantánamo", *Congreso Científico del INCA*, edit. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 2010, ISBN 978-959-7023-48-7.
25. Porteles, M.; Ruiz, L.; Caballero, W.; Torres, S.; Ríos, C.; Oliva, M.; Torres, Y.; Cabrera, L.; Rodríguez, K.; González, X.; Camejo, M.; Fernández, M.; Molina, A. y Morejón, Z. "Manejo integrado de la nutrición en la papaya «Maradol Roja» (*Carica papaya* L.)", *Congreso Científico del INCA*, edit. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 2010, ISBN 978-959-7023-48-7.
26. García-Aquiles, M.; Montoya-Ramos, C.A.; Barroso-Frómata, C.L.; Pérez-Díaz, C.A. y Reyes-Monroy, M.S.B. "Reducción de la fertilización nitrogenada en el cultivo del ajo", *Hombre, Ciencia y Tecnología*, vol. 18, no. 1, 2014, pp. 58-67, ISSN 1028-0871.

Recibido: 27 de mayo de 2014

Aceptado: 13 de febrero de 2015

¿Cómo citar?

Barroso Frómata, L.; Abad Michel, M.; Rodríguez Hernández, P. y Jerez Mompí, E. "Aplicación de FitoMas-E y EcoMic® para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de cafeto" [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 4, pp. 158-167. ISSN 1819-4087. [Consultado: ____]. Disponible en: <-----/>.