

Uso de la *Canavalia ensiformis* eficientemente micorrizada en sustitución de fuente orgánica en el cultivo del cafeto.

Use of the *Canavalia ensiformis* in substitution of the organic source in coffee tree cultures.

Autor: Dr. C. Alberto Pérez-Díaz¹, MSc. Leysi Cardona-Sanabia², Esp. Eglis Dacal-Sobrado¹, Dr. C. Carlos Bustamante-González³

Organismo: Universidad Guantánamo, Cuba¹. Empresa Café Palma Soriano. Santiago de Cuba². Instituto Agroforestal, UCTB Tercer Frente, Santiago de Cuba³.

E-mail: albertopd@cug.co.cu, eglis@cug.co.cu, solila@cug.co.cu

Resumen.

Se realizó la siembra de la *Canavalia ensiformis* previamente inoculada con las cepas de hongos micorrízicos arbusculares: *Glomus hoi-like* y *Glomus intrarradice* por el método de peletización de las semillas y se incorporó al suelo a los 60 días. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos. Las posturas obtenidas se llevaron a condiciones de campo y se sembraron a 3 x 2 m. A los 30 días se sembró *Canavalia* micorrizada a 14 cm de distancia entre surcos y 15 cm entre plantas en dos oportunidades. La inoculación del abono verde con las cepas de HMA antes de la siembra del cafeto en condiciones de vivero incrementó el área foliar de las posturas. Existió una fuerte relación entre el porcentaje de colonización y el área foliar. Los mejores resultados se obtuvieron con la inoculación de las posturas y posterior incorporación del abono verde micorrizado a los 50 días.

Palabras clave: *Coffea canephora*; *Canavalia ensiformis*; abono verde.

Abstract.

Canavalia ensiformis previously inoculated with stubbles of *Glomus hoi like* and *Glomus intrarradice* were planted after 60 days of treatment, using modified seeds. A random planting pattern was used with four treated. Packs of seeds and the plants obtained were taken to a farm and planted in a pattern of 3 every 2 meters. After 30 days the genetically modified *Canavalia* was planted leaving a space of 14 cm between furrows and 15 cm between plants. The inoculation of the green manure with HMA's stumps before the planting of the coffee tree in a position to nursery incremented the area to foliate of the postures. Existed one fortress relation among the colonization percentage and the area foliating. After 50 days the percentage of colonization and the productive area of those coffee trees increased.

Keywords: *Coffea canephora*; *Canavalia ensiformis*; green manure.

Introducción.

Los abonos verdes son plantas que en su fase vegetativa se caracterizan por proteger al suelo y al ser incorporados mejoran sus condiciones físicas, químicas y biológicas, aumentando los contenidos, disponibilidad de los nutrientes y la actividad biológica en general de los microorganismos, (Espindola *et al.*, 1997; Martín, 2009).

Es conocido además que el uso de los abonos verdes y la inoculación de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se integran satisfactoriamente dentro del manejo efectivo de la simbiosis micorrízica en los agroecosistemas, al contribuir con mayores cantidades de masa seca y nutrientes, disminuir las necesidades de fertilizante mineral nitrogenado y ser una vía efectiva para lograr la micorrización eficiente de los cultivos en sucesión, Sánchez, (2001), Rivera y Fernández, (2003).

Sin embargo, en el cultivo del café se ha estudiado poco la relación (abonos verdes y HMA) donde cabe destacar los estudios realizados por Sánchez, (2001) en el macizo Guamuhaya. Territorialmente, el macizo Nipe-Sagua-Baracoa adolece de estudios sobre este tópico por lo que constituye desde el punto de vista científico técnico un recurso no disponible.

Estos antecedentes indican que el estudio de esta relación en el cultivo del café con participación de diferentes tipos de suelo, cepas específicas de HMA, diferentes proporciones de suelos y empleo de abonos verdes pueden ofrecer información útil para reducir la fertilización mineral y orgánica así como determinar una variante adecuada para favorecer la producción de una postura vigorosa de alta calidad biológica, que alcance los parámetros deseados en el tiempo establecido.

Desarrollo.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en la CCSF "Pepín Rodríguez" de la localidad El Ramón, Santiago de Cuba. Se utilizaron canteros de 1m de ancho por 5 m de largo, se procedió a la siembra de la canavalia previamente inoculada con las cepas de HMA: *Glomus hoi-like* y *Glomus intrarradice* por el método de peletización de las semillas. La canavalia se incorporó al suelo a los 60 días. Posteriormente se procedió al llenado de las bolsas de poliestirano para la siembra del café con cada una de las mezclas.

Como fuente de abono orgánico se utilizó el estiércol bovino. Se utilizó un testigo de producción en proporción 3/1. Se manipuló un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos. Los tratamientos estuvieron formados por las variantes de las mezclas según el esquema experimental.

Esquema experimental.

T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Suelo + materia orgánica solo 3/1	Suelo solo y Siembra Canavalia + <i>Glomus hoi-like</i>	Suelo solo y Siembra Canavalia + <i>Glomus intrarradice</i>	Suelo solo + Canavalia

Evaluaciones realizadas en vivero

1. Área foliar real (cm²): el producto de la longitud por anchura (L x A) de las hojas $AF = (L \times A) \times 0.67$

Se determinó además la eficiencia micorrízica según la fórmula propuesta por Sigueria y Franco (1988):

$$IE (\%) = \frac{\text{área foliar tratamiento inoculado} - \text{área foliar tratamiento no inoculado}}{\text{área foliar tratamiento no inoculado}} \times 100$$

Factibilidad del uso de canavalia micorrizadas en condiciones de campo

Las posturas obtenidas en la segunda campaña se llevaron a condiciones de campo y se sembraron a 3 x 2 m. Posteriormente a los 30 días se sembró canavalia micorrizada entre las calles del cafeto con cada una de las cepas utilizadas en la investigación.

Para conocer el patrón de crecimiento de la *Canavalia ensiformis* intercalada con *Coffea canephora*, el efecto de la incorporación de su biomasa y el aporte de nutrientes sobre algunos indicadores de crecimiento del cafeto en la fase de fomento, se sembraron semillas de canavalia a 14 cm. de distancia entre surcos y 15 cm. entre plantas en dos oportunidades. Una vez que el 70 % de las plantas floreció se procedió a incorporarlas al hilo de los cafetos y se sembraron nuevas plantas.

La producción de biomasa seca se evaluó tomando plantas completas en cada momento de incorporación al suelo. Todo el material vegetal de 5 plantas se pesó para determinar el peso fresco. De este material se tomaron muestras de 5 g de tallos, hojas y raíces y se secaron en estufa a 70 °C hasta obtener un peso constante.

La descripción de la ubicación de las parcelas en condiciones de campo fue:

1. Posturas del testigo 3/1
2. Posturas micorrizadas con *Glomus hoi-like*.
3. Posturas micorrizadas + canavalia inoculada con *Glomus hoi-like* entre calle.
4. Posturas micorrizadas con *Glomus intrarradice*.
5. Posturas micorrizadas con *Glomus intrarradice* + canavalia inoculada con *Glomus intrarradice*.

En cada parcela se plantaron con 50 semillas de canavalia en tres réplicas por tratamientos. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas.

Evaluaciones realizadas en la fase de campo

Cafeto:

- Porcentaje de supervivencia al mes.
- Altura de la planta (cm): Se utilizó cinta métrica, se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice en cm.
- Diámetro de la copa a los 5 meses (cm).

Canavalia:

Una vez comenzado el proceso de floración en las plantas se evaluó:

- a) La masa seca aérea del tallo, hojas y raíces por separado (t.ha⁻¹).
- b) % N, P y K en cada órgano de la planta.

Esquema de trabajo

X	X	X	****	X	X	X	****	X
X	X	X	****	X	X	X	****	X
X	X	X	****	X	X	X	****	X
X	X	X	****	X	X	X	****	X
X	X	X	****	X	X	X	****	X
X	X	X	****	X	X	X	****	X
X	X	X	****	X	X	X	****	X
X	X	X	****	X	X	X	****	X
X	X	X	****	X	X	X	****	X

Testigo Posturas Posturas canavalia Posturas Testigo Posturas canavalia Posturas
 G. hoi-like Canavalia Canavalia Canavalia G. intraradice Canavalia
 +G. hoi-like +G. hoi-like +G. intraradice

Técnicas de análisis químicos utilizadas

Suelo

- pH: Potenciométrico. En H₂O relación suelo - solución 1:2,5.
- Materia orgánica Wakley - Black. Colorimetría. Oxidación con dicromato de potasio 1 N y ácido sulfúrico concentrado.
- **Fósforo y potasio asimilable Oniani. Fósforo por Colorimetría (NRAG 279,1980) y Potasio por Fotometría de llama. Extracción con ácido sulfúrico 0.1 N, relación suelo - solución 1:2,5; 3 minutos.**

Foliar

- El N (%) se determinó por Nessler.
- El P (%) se determinó por Molibdo - Vanadato fosfórico.
- El K (%) por fotometría de llama.

Procedimiento estadístico

Se comprobó previamente la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianza. Los valores expresados en porciento se transformaron a 2arcsen x. Los datos se procesaron estadísticamente por el programa Statgraphics versión 5.1 en ambiente Windows. Las medias se compararon por la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan (p≥0.05).

Resultados y discusión

Uso de la *Canavalia ensiformis* eficientemente micorrizada en sustitución de fuente orgánica en vivero de café

A partir del criterio de que el área foliar define la calidad de las posturas de cafeto, Fernández, (1999); Sánchez *et al.*, (2009), en este experimento solo se valoró este indicador para seleccionar el mejor tratamiento.

La inoculación del abono verde con las cepas de HMA antes de la siembra del cafeto en condiciones de vivero incrementó el área foliar de las posturas respecto al testigo y a la no inoculación del mismo (Figura 1).

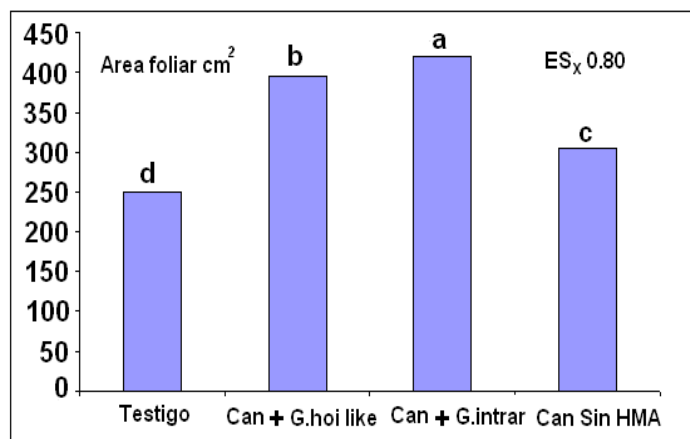


Figura 1. Efecto de la aplicación de HMA y proporciones en el área foliar de las posturas de *C. canephora*. Media con letras comunes no difieren significativamente según Prueba de Duncan $P \geq 0.05$

La canavalia inoculada con la cepa *G. intrarradices* incrementó el área foliar en 68%, con la cepa *Glomus hoi like* el incremento fue del 57 %. Es importante señalar que con la no micorrización de la canavalia se logran incrementos de 21 % del área foliar de las posturas respecto al testigo (Figura 1).

Tabla 1. Índice de eficiencia (%) de la aplicación de diferentes cepas de HMA en posturas de *C. canephora*.

Tratamientos	Respecto al testigo	Canavalia sin HMA
Canavalia + <i>Glomus hoi-like</i>	58.0	37.74
Canavalia + <i>Glomus intraradices</i>	68.03	29.51

De igual forma, se evidenció una eficiencia de la micorrización de la canavalia con respecto al testigo y a la no inoculación (Tabla 1).

La inoculación de canavalia con la cepa *G. hoi-like* tuvo una eficiencia del 37 % respecto a la no inoculación y se incrementó en un 58 % en relación al testigo. Por su parte, la cepa *G. intrarradice* tuvo eficiencia del 29 % respecto a la no inoculación se incrementó a un 68 % en relación al testigo.

Sánchez, (2001), desarrolló un grupo de experimentos con vistas a evaluar el uso de los abonos verdes como fuente de nutrientes y de materia orgánica "in situ", a partir de los cuales y mediante su crecimiento e incorporación se conformaba el sustrato para la obtención de las posturas, proponiéndose sustituir el uso y transportación de las fuentes clásicas.

Se encontró asimismo, que existió una fuerte relación entre el porcentaje de colonización y el área foliar entre los diferentes tratamientos estudiados, así el tratamientos donde se utilizó canavalia y *Glomus intrarradices* (tratamiento 3) alcanzó los mayores valores con 43.15 % de colonización y le siguió en importancia canavalia + *Glomus hoi like* con 39.20 %, esto coincidió

con las mayores áreas foliares del cafeto. Los valores más bajos se encontraron en el testigo con 20.30% (Tabla 2).

Tabla 2. Colonización de las raíces de *C. canephora* en fase de vivero según los tratamientos utilizados. Experimento 2.

Tratamientos	Colonización fúngica (%)
Testigo	20.30
Canavalia + <i>Glomus hoi like</i>	39.20
Canavalia + <i>Glomus intraradice</i>	43.15
Canavalia sin HMA	25.45

Factibilidad del uso de canavalia micorrizadas en condiciones de campo

Al evaluar la aplicación de HMA vía recubrimiento de las semillas de canavalia y sembrada en las calles del cafeto e incorporado el abono verde a los 50 días, se encontraron diferencias significativas a los 6 meses de sembrado el cafeto en el campo (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de la siembra de canavalia inoculada con HMA en algunos indicadores del crecimiento del cafeto a los 6 meses.

Tratamientos	Altura, cm	Diámetro de copa, cm
Posturas del testigo 3/1	31.2 d	28.2 c
Posturas micorrizadas con <i>Glomus hoi-like</i> .	36.15 c	32.1 b
Posturas micorrizadas + canavalia inoculada entre calle.	38.20 b	35.10 a
Posturas micorrizadas con <i>G. intraradices</i> .	36.50 c	32.40 b
Posturas micorrizadas con <i>G. intraradices</i> + canavalia entre calle	39.15 a	36.05 a
ES _x	0.33*	0.35*

Media con letras comunes no difieren significativamente según Prueba de Duncan $P \geq 0.05$

Los mejores resultados se obtuvieron con la inoculación de las posturas con HMA y posterior incorporación del abono verde micorrizado a los 50 días. Así, la siembra de posturas micorrizadas con la cepa *G. hoi like* permitió incrementar la altura en 15 % y el diámetro de la copa en 13 %. La inoculación con la cepa *G. intraradices* permitió incrementos del 16 % de la altura y 14 % del diámetro de la copa a los 6 meses.

La inoculación de HMA vía abono verde en campo permitió incrementos entre el 22 – 25 % de la altura de la planta y entre 24 – 27 % del diámetro de la copa de los cafetos.

Es posible que una de las causas de este comportamiento además de un posible efecto de los HMA, esté relacionado con los aportes de masa seca y nutrientes que realiza la canavalia al suelo (Tabla 4).

Los valores de masa seca aportados coinciden con lo reportado por Bustamante *et al.*, (2005) en una investigación realizada en diferentes agroecosistemas cafetaleros, donde lograron obtener entre 21 y 26.6 t.ha⁻¹.

Tabla 4. Aporte de masa seca (t.ha⁻¹) y nutriente de la canavalia en condiciones de campo a los 55 días después de la siembra.

Canavalia	Masa Seca	N%	P%	K%
Canavalia	20.01	3.16	0.21	1.09
Canavalia + <i>G. hoi like</i>	23.37	3.92	0.83	1.14
Canavalia + <i>G. intraradices</i>	23.57	3.95	0.24	1.16

Los resultados obtenidos en estos experimentos amplían la información y las bases para el manejo de las asociaciones micorrízicas y los abonos verdes, al comprobar que existen opciones prácticas para el manejo de la inoculación de cepas eficientes por tipo de suelo a través del manejo de especies de abono verde que aseguren la multiplicación de la población de HMA en el suelo, así como el aporte y reciclaje de nutrientes en los sistemas agrícolas, lo que permite disminuir considerablemente las dosis de fertilizantes a aplicar para garantizar una adecuada nutrición de los cultivos (Rivera y Fernández, 2003).

Al mismo tiempo sería interesante desarrollar e introducir nuevos métodos de trabajo que permitan realizar una valoración objetiva y rápida del potencial de micorrización de los suelos y la permanencia de las cepas inoculadas.

Conclusiones.

- La inoculación del abono verde con las cepas de HMA antes de la siembra del cafeto en condiciones de vivero incrementó el área foliar de las posturas.
- Existió una fuerte relación entre el porcentaje de colonización y el área foliar entre los diferentes tratamientos estudiados.
- Los mejores resultados se obtuvieron con la inoculación de las posturas con HMA y posterior incorporación del abono verde micorrizado a los 50 días.

Bibliografía.

- Bustamante C, Viñales Núñez, R., Pérez A., Maritza I. Rodríguez, R. Ramos y R. Camejo. (2005). Aporte de biomasa al ecosistema cafetalero en plantaciones de *Coffea canephora*, Pierre bajo poda total. III Simposio Internacional de Café y Cacao CUBACAFE. ECICC. Resúmenes. Santiago de Cuba.
- Espíndola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; de Almeida, D.L. (1997). Adubação verde. Estrategia para uma agricultura sustentável. Seropédica. Embrapa. *Agrobiología*. Documentos 42, 20.
- Fernández, F. (1999). Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares sobre la producción de posturas de cafeto *C. Arábica* L. var. *Catuai* en algunos tipos de suelos. Tesis de grado para la opción de Dr. en Ciencias Agrícolas. INCA, 102.
- Martín, G. M. (2009). Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, *Canavalia ensiformis* y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, 101.
- Rivera, R.; Fernández, F. (2003). La simbiosis micorrízica arbuscular. En: Rivera, R. y Fernández, K.(Eds). Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, 166 p.
- Ruiz L., Rivera R., Fernandez F., Fernandez K., Sánchez C., Riera M. (2007). Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystem. In:

Mycorrhizae in crop Production (eds). Chantal Hamel and Christian Plenchetle. Haworth Press, Binghamton, 151-196

Sánchez, C. (2001). Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares y abonos verdes en la producción de posturas de cafeto en algunos tipos de suelo. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. Cuba, 105-189.

Sánchez, C.; Caballero, D.; Cupull, R.; González, C.; Urquiaga, S.; Rivera; R. (2009). Los abonos verdes y la inoculación micorrízica de plántulas de Coffea arabica sobre suelos Cambisoles Gléyicos. *Cultivos Tropicales*, 30 (1), 25 – 30.

Siqueira, J.O y Franco, A. (1988). Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas. Ciências nos Tropicós Brasileiros. Serie Agronomía.

Fecha de recibido: 6 oct. 2016
Fecha de aprobado: 17 dic. 2016