

EFFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y ESTIÉRCOL DE BOVINO EN EL CRECIMIENTO INICIAL Y PIGMENTACIÓN EN *Capsicum frutescens* L.

Ildermaro J. Jiménez¹, Maribel Ramírez¹, Belkis Petit²,
Cioly Colmenares³ e Irán Parra⁴

RESUMEN

La inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) es una práctica sencilla y sostenible que favorece el crecimiento y nutrición de las plantas. El objetivo fue evaluar el efecto de tres HMA y del estiércol de bovino (E) en el crecimiento inicial y contenido de pigmentos en ají (*Capsicum frutescens*) "Misterioso". Se evaluaron cinco tratamientos: plantas cultivadas en arena (T1, testigo absoluto), T1+E (T2, testigo comercial), T1+*Scutellospora fulgida* (T3), T1+*Funneliformis mosseae* (T4) y T1+*Glomus manihotis* (T5). Se usó un diseño experimental totalmente al azar con diez repeticiones. Transcurridos 55 días del trasplante, se determinó el porcentaje de colonización micorrízica (PCM), altura de planta (AP), número de hojas y nudos (NH, NN), longitud de la raíz (LR), biomasa seca de la raíz y aérea (BSR, BSA), proporción raíz–parte aérea, área foliar (AF), índice de AF (IAF), y contenidos de clorofilas a y b, y carotenoides. Se encontraron diferencias significativas para todas las variables. La mayor respuesta se obtuvo en el T4 para la mayoría de las variables (exceptuando NH, NN, AF e IAF), seguido por T3 y T2. El T2 superó a los otros tratamientos en AF e IAF, y también registró los mayores valores de AP, NH, NN, LR, BSA y BSP exceptuando los pigmentos. Se concluye que los tratamientos con *F. mosseae* (PCM=58,47 %) y *S. fulgida* (PCM=26,31 %), así como el uso de estiércol de bovino favorecieron el crecimiento inicial de las plantas.

Palabras clave adicionales: *Funneliformis mosseae*, *Glomus manihotis*, *Scutellospora fulgida*

ABSTRACT

Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and cattle manure on the initial growth and pigmentation of *Capsicum frutescens* L.

The inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is a simple and sustainable practice that promotes growth and nutrition of plants. The objective was to evaluate the effect of AMF and cattle manure (C) on the initial growth and pigment contents in "Misterioso" chilli (*Capsicum frutescens*). Five treatments were evaluated: plants cultivated in sand (T1), T1+C (T2), T1+*Scutellospora fulgida* (T3), T1+*Funneliformis mosseae* (T4), and T1+*Glomus manihotis* (T5). A completely randomized design with ten replications was used. After 55 days from transplant the percentage of mycorrhizal colonization (PMC), plant height (PH), number of leaves and nodes (NL, NN), root length (RL), dry biomass of roots and aerial part (DBR, DBA), proportion root-aerial part dry biomass (PRADB), leaf area (LA) and index (LAI), content of chlorophyll a and b, and carotenoids, were determined. The statistical analysis showed significant differences for all the studied variables by effect of the treatments. The best response was obtained in T4 for most of the variables, except NL, NN, LA and LAI, followed by T3 and T2. The treatment T2 was superior in LA, ILA, FBA, and also recorded the largest PH, NL, NN, RL, FBP, DBA and DBP, except pigments. It is concluded that treatments with *F. mosseae* (PMC=58.47 %), *S. fulgida* (PMC=26.31 %), and the use of cattle manure influenced positively in the initial growth of the plants.

Additional key words: *Funneliformis mosseae*, *Glomus manihotis*, *Scutellospora fulgida*

INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* (Solanaceae) incluye alrededor de 30 especies, y entre ellas, los ajíes

son oriundos de América donde son elementos indispensables en la cocina. Un tipo de ají conocido localmente como "Misterioso" (*C. frutescens* L.) presenta alta demanda y aceptación

Recibido: Febrero 11, 2016

Aceptado: Febrero 8, 2017

¹ Dpto. de Botánica, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia (LUZ).

² Dpto. Fitosanitario, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia (LUZ).

³ Dpto. de Estadística, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia (LUZ).

⁴ Dpto. Química, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela
email: ildermaro_72@hotmail.com, mcramire@fa.luz.edu.ve

en el mercado venezolano.

Esta planta se cultiva generalmente aplicando las mismas técnicas de otras hortalizas, las cuales, en muchos casos, incluyen el uso excesivo de agroquímicos que tienen un alto grado de participación en el desequilibrio ecológico del ambiente. La aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en los primeros estadios de desarrollo es considerada una técnica de biofertilización apropiada, en virtud de que favorece la absorción de nutrientes y crecimiento de las plantas, a la vez que permite disminuir los costos de producción debido a la disminución del uso de fertilizantes inorgánicos. En otras especies, ha permitido una menor pérdida de plantas durante el trasplante en campo y la obtención de plantas de mejor calidad (Salamanca y Cano, 2005; Cardona et al., 2008).

Una vez colonizada la raíz, el HMA también desarrolla un micelio externo que, a modo del sistema radical complementario y altamente efectivo, coloniza el suelo que rodea a la raíz y ayuda a la planta a adquirir nutrientes minerales y agua. Esta simbiosis se considera la parte metabólicamente más activa de los órganos de absorción de nutrientes a las plantas. La planta hospedera proporciona al hongo simbiote (heterótrofo) compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis, así como un nicho ecológico protegido (Barea et al., 2005).

Trabajos realizados con HMA en *Capsicum* (Castillo et al., 2007; Cardona et al., 2008) y en tomate (Pulido et al., 2003; Mujica y Fuentes, 2012) han demostrado lo favorable que representa el uso de dichos hongos.

Por otra parte, se ha comprobado que el uso del estiércol de bovino, que contiene cerca de 1,5 % de nitrógeno y ha sido utilizado desde tiempos remotos como fertilizante, favorece la fertilidad del suelo (Vázquez et al., 2011).

La inclusión de los HMA y del estiércol de bovino en los sistemas agrícolas puede generar beneficios sobre la nutrición vegetal y podría ser una alternativa de los fertilizantes químicos pero en el país, es escaso el conocimiento técnico del cultivo de este tipo de ají. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres HMA y del estiércol de bovino en el crecimiento inicial y contenido de pigmentos en el ají, *Capsicum frutescens*, información básica para el establecimiento y el manejo de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la casa de cultivo del Laboratorio Microbiología Agrícola de la Unidad Técnica Fitosanitaria, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ), Maracaibo, Venezuela, ubicado a 10° 41' N, 71° 38' W, 25 msnm. Los valores mínimos y máximos fueron de 24-35 °C de temperatura y 52-90 % HR.

Se utilizaron plántulas obtenidas de semillas con un año de almacenamiento en el Laboratorio de Propagación de Plantas de la misma institución.

Para la siembra se utilizaron cinco bandejas de polietileno de 72 celdas (5 cm de alto y 2,5 cm de diámetro) cuyo sustrato estuvo compuesto por arena, estiércol de bovino e inóculos de HMA.

Se emplearon cinco tratamientos (sustratos) constituidos por dos testigos; uno con solo arena (T1) y el comercial con dos partes de arena y una de estiércol de bovino (T2); y tres tratamientos con HMA constituidos por arena y cada uno de los siguientes inóculos: *Scutellospora fulgida* (281 esporas/100 g) (T3), *Funneliformis mosseae* (1633 esporas/100 g) (T4) y *Glomus manihotis* (496 esporas/100 g) (T5) en proporción 2:1 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sustratos empleados en el ensayo

Tratamiento	Proporción de sustrato y HMA		
	A	E	HMA
T1 (A)	1	-	-
T2 (2A:1E)	2	1	-
T3 (2A:1SF)	2	-	1
T4 (2A:1FM)	2	-	1
T5 (2A:1GM)	2	-	1

A: arena; E: estiércol de bovino; HMA: hongo micorrízico arbuscular. SF: *Scutellospora fulgida*. FM: *Funneliformis mosseae*. GM: *Glomus manihotis*

Las tres especies de HMA con 100 % de pureza fueron suministradas por el Laboratorio de Microbiología Agrícola, Facultad de Agronomía, LUZ. Se comprobó la pureza de los HMA por el método de tamizado húmedo y decantación (Sieverding, 1991), seguido por centrifugación en gradiente de sacarosa (Walker y Vestberg, 1994).

La arena se esterilizó durante una hora en autoclave con el fin de obtener un sustrato inocuo libre de microorganismos. El estiércol fue lavado directamente en el suelo para retirar el exceso de

orina y se removió frecuentemente para facilitar su aireación y se desinfectó con el fungicida Captan ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Las plántulas fueron trasplantadas a bolsas de polietileno (11 cm de diámetro y 23 cm de largo) con los sustratos mencionados, colocando una planta por bolsa. El riego se efectuó cada dos días y se realizó control manual de malezas. Durante el experimento no hubo incidencia de plagas o enfermedades.

El ensayo se realizó bajo un diseño totalmente al azar con los cinco tratamientos señalados y diez plantas (repeticiones) tomadas al azar de un total de 35 plantas que se trasplantaron por tratamiento, omitiendo las que se encontraban en los extremos de cada hilera y las ubicadas en las hileras externas. A los 55 días del trasplante se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de colonización micorrízica y de plantas micorrizadas, altura de planta, número de hojas por planta, número de nudos en el eje principal, longitud de la raíz, biomasa seca de raíces y aérea, relación raíz-parte aérea, área foliar e índice de área foliar, y contenidos de clorofilas a y b, y de carotenoides.

El porcentaje de colonización micorrízica se determinó mediante la relación del número de segmentos de raíz colonizados por micelio, vesículas y arbusculos de los HMA entre el número de segmentos totales observados. Para colorear las estructuras fúngicas se siguió el método de clareo y tinción azul de Tripano de Phillips y Hayman (1970). La altura de la planta se midió desde el ápice del vástago hasta la base del tallo y la longitud de la raíz desde la base de la planta hasta el ápice de la raíz principal. La biomasa de las raíces y parte aérea se obtuvo luego de secarlas en estufa a $74 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 horas. Estos valores permitieron calcular la relación raíz-parte aérea de la planta.

El área foliar se determinó mediante el uso de un planímetro óptico Delta T-Devices Mkm2 y el índice de área foliar se calculó mediante la relación del área foliar por planta y el área ocupada en el suelo.

Para la medición del contenido de clorofilas a y b, y de carotenoides se utilizaron seis plantas por tratamiento. La determinación se realizó en hojas sanas totalmente expandidas, sin daños mecánicos, usando el método colorimétrico para la extracción y pigmentación de elementos vegetales. Se maceró 1 g de hojas en 10 mL de

una solución de acetona y metanol en proporción 1:1, luego de 24 horas de estabilización, se centrifugó por 10 min a 8000 rpm y se realizó la lectura de absorbancia a través de espectrofotometría a 663, 646 y 470 nm. El cálculo de los contenidos de clorofilas y carotenoides se realizó mediante las siguientes ecuaciones (Wellburn, 1994):

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}) = [(12,21*A_{663}) - (2,81*A_{646})] * (\text{volumen extracto} / \text{volumen sobrenadante}).$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}) = [(20,13*A_{646}) - (5,03*A_{663})] * (\text{volumen extracto} / \text{volumen sobrenadante}).$$

$$\text{Carotenoides } (\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}) = [(1000*A_{470} - 3,27 \text{ Ca} - 104 \text{ Cb}) / 198] * (\text{volumen extracto} / \text{volumen sobrenadante}).$$

Para determinar el efecto de los tratamientos se realizaron análisis de varianzas y pruebas de medias de Tukey utilizando el paquete estadístico SAS V.9.1.3 (Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Colonización micorrízica y número de plantas micorrizadas. El porcentaje de colonización micorrízica presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) por efecto de los tres HMA aplicados, siendo el mayor porcentaje alcanzado en T4 (Cuadro 2). Esto demostró que *F. mosseae* tuvo mejor afinidad con la planta, invadiendo en gran magnitud el área radical, colonizando y promoviendo el crecimiento de micelio, arbusculos y vesículas. En cuanto al número de plantas micorrizadas, se observó que para los tres tratamientos micorrízicos, en *F. mosseae* y *S. fulgida* todas las plantas estaban micorrizadas, mientras que en *G. manihotis* solo siete del total de diez (Cuadro 2).

El porcentaje de colonización micorrízica de 58,47 % obtenido en *F. mosseae* superó al valor de 45 % reportado en trigo (Al-Karaki et al., 2004), pero fue inferior al 70,3 % reportado por Rojas (2014) en *C. annuum* var. California Wonder inoculado con *G. manihotis* a los 90 días del cultivo.

La colonización micorrízica cuando se utilizó *Glomus manihotis* fue de solo 9,31 %, un valor muy bajo si se compara con otros estudios realizados con este mismo género en *C. annuum*. Por ejemplo, Gashua et al. (2015) registraron entre 35 y 65 % de colonización micorrízica, mientras

que Tanwar et al. (2013) reportaron una colonización micorrízica de 86,7 % para *G. mosseae* a los 120 días después de la inoculación y Çekiç et al. (2012) encontraron 63 % también para *G. mosseae* a los 60 días después de la inoculación de las plantas.

Variables de crecimiento vegetativo. Para la altura de planta, los sustratos T2, T3 y T4 fueron estadísticamente iguales y diferentes del T1 (Cuadro 3). En cuanto al número de hojas y número de nudos, T2 y T3 mostraron los valores

más altos y diferencias con el resto de los tratamientos. La longitud de la raíz fue menor en el sustrato de arena (T1) y diferente al resto, los cuales mostraron valores similares entre sí.

La respuesta favorable observada en T2 se podría atribuir al aporte de nutrientes del estiércol de bovino, que a su vez puede mejorar la estructura del suelo, favoreciendo la aireación y retención de humedad (Salamanca y Cano, 2005; Vázquez et al., 2011).

Cuadro 2. Efecto de tres sustratos sobre la colonización micorrízica en *Capsicum frutescens*, a los 55 días después del trasplante

Variable	Tratamiento		
	T3	T4	T5
Colonización micorrízica (%)	26,31 b	58,47 a	9,31 c
Plantas micorrizadas (%)	100	100	70

T3: arena + *Scutellospora fulgida*; T4: arena + *Funneliformis mosseae*; T5: arena + *Glomus manihotis*. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Cuadro 3. Efecto de los diferentes sustratos sobre variables de crecimiento vegetativo en *Capsicum frutescens* a los 55 días después del trasplante

Variable	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	T5
Altura de planta (cm)	10,90 c	18,15 a	17,12 a	15,20 ab	12,66 bc
Número de hojas por planta	12,60 bc	16,60 a	15,30 ab	11,00 c	12,10 c
Número de nudos	12,70 b	16,20 a	16,30 a	13,00 b	13,30 b
Longitud de la raíz (cm)	21,73 b	29,95 a	28,86 a	28,44 a	26,66 a
Biomasa seca aérea (g)	0,83 c	2,64 a	2,17 ab	2,74 a	1,38b b
Biomasa seca de la raíz (g)	0,69 b	1,11 b	2,24 a	2,30 a	0,96 b
Relación raíz-parte aérea	0,64 bc	0,40 c	1,07 a	0,84 ab	0,69 b
Área foliar (cm ²)	196,58 c	497,96 a	344,93 b	350,9 8 b	267,41 bc
Índice de área foliar	2,06 c	5,24 a	3,63 b	3,69 b	2,81 bc

T1: arena; T2: arena + estiércol de bovino; T3: arena + *Scutellospora fulgida*; T4: arena + *Funneliformis mosseae*; T5: arena + *Glomus manihotis*. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

En las variables de crecimiento el sustrato con el HMA *Glomus manihotis* sólo pudo superar al testigo en la biomasa aérea y la longitud de la raíz (Cuadro 3). Por el contrario, Rojas (2014) en *C. annuum* y Salamanca y Cano (2005) en otras especies han indicado el efecto benéfico del género *Glomus* donde hubo mayor biomasa, altura y grosor del tallo de la planta. En tomate, la inoculación con *G. cubense* (Mujica y Fuentes, 2012) o con *G. clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae* (Pulido et al., 2003) permitió incrementar la altura de la planta y longitud radical de tomate

con relación a los resultados del testigo. Lo anterior sugiere que la afinidad con el HMA depende de la planta hospedera y de las condiciones experimentales.

En la variable de biomasa seca aérea, T4, T2 y T3 fueron estadísticamente iguales entre sí pero superiores a T1. Para la biomasa seca de la raíz, T4 y T3 fueron estadísticamente iguales, y superiores al resto de los tratamientos.

Es de destacar que cuando el sustrato se preparó con estiércol de bovino (T2) compartió los mayores valores en la producción de biomasa

aérea con T4. Por el contrario, el sustrato con *G. manihotis* (T5) y la arena ocuparon los puestos inferiores tanto en producción de biomasa aérea como de raíces (Cuadro 3).

En relación raíz-parte aérea de la planta, el sustrato T3 mostró un valor mayor a T5 y T2; no obstante, fue similar a T4. La proporción raíz a vástago de la planta es un factor dependiente de la distribución de los fotoasimilados, que podría estar influenciada por estímulos ambientales y por la capacidad vegetativa de la planta para modificar la distribución de biomasa en los diferentes órganos para tolerar condiciones adversas (Casierra, 2006).

Se observó que el crecimiento de las partes aérea y de raíz fue similar y en el tratamiento con estiércol de bovino hubo mayor crecimiento de la parte aérea (relación raíz-parte aérea de 0,40).

Las plantas inoculadas con *S. fulgida* y *F. mosseae* presentaron la proporción raíz-parte aérea bastante alta, incluso mayor a 1 en *S. fulgida* indicando mayor biomasa de raíz que de la parte aérea (Cuadro 3). Esto difiere de lo observado por Cuenca et al. (2006), quienes obtuvieron una relación vástago-raíz favorable al vástago en varias especies inoculadas con *G. manihotis*. Asimismo, Flores y Cuenca (2004) reportaron una proporción vástago-raíz que indicaba 3,4 veces mayor crecimiento de la parte aérea de plantas de

Oyedaea verbesinoides inoculadas con *G. manihotis*, las cuales mostraron igual respuesta que el testigo. Al respecto, los autores señalaron que dicha proporción se ha asociado tanto con la dependencia micorrízica como con la adaptación a ambientes pobres en nutrientes, así como con la especie hospedera.

Flores y Cuenca (2004) señalaron que la estimulación de la captación de elementos minerales y la subsiguiente translocación de éstos a la parte aérea, ocasiona que se dirijan a la raíz relativamente menos productos de la fotosíntesis, y que una mayor proporción de éstos sea retenida en la parte aérea, utilizada en la producción de materia verde. Como consecuencia, la relación biomasa seca de la parte aérea-raíz puede incrementarse en las plantas colonizadas por HMA.

Con referencia al área foliar e índice de área foliar se observó que el T2 logró el mayor valor y fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos (Cuadro 3). En un segundo grupo se ubicaron T4 y T3. El comportamiento de la planta en el sustrato T2 se asoció a las propiedades químicas del estiércol de bovino y aporte en la nutrición de las plantas (Salamanca y Cano, 2005; Barrer, 2009; Vázquez et al., 2011).

Contenidos de clorofilas y carotenoides. En el sustrato T4 se obtuvieron los valores más altos de clorofilas a y b, así como de carotenoides; el valor más bajo se encontró en el T3 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de los diferentes sustratos sobre el contenido de pigmentos en *Capsicum frutescens* a los 55 días después del trasplante

Variable	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	T5
Contenido de clorofila a ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	145,22 c	145,84 c	103,24 d	194,93 a	167,64 b
Contenido de clorofila b ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	141,00 d	157,35 c	81,51 e	199,76 a	180,86 b
Contenido de carotenoides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	36,70 cd	39,27 bc	33,94 d	50,35 a	43,41 b

T1: arena; T2: arena + estiércol de bovino; T3: arena + *Scutellospora fulgida*; T4: arena + *Funneliformis mosseae*; T5: arena + *Glomus manihotis*. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P\leq 0,05$)

Los contenidos de clorofilas encontrados tienen similitud con los señalados en otros trabajos. Díaz et al. (2013) encontraron que el pimentón inoculado con *G. intraradices* mostró incrementos en el índice de clorofila comparado con las plantas no inoculadas.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo indicado por Çekiç et al. (2012) para pimentón micorrizado con *G. intraradices*, el cual presentó

las mayores cantidades de clorofila total y carotenoides al compararlo con las plantas no micorrizadas. La síntesis de clorofila requiere de la presencia de luz, y el tipo de ésta, a su vez, afecta el desarrollo de los HMA (Cruz, 2016). Wu y Zou (2010) señalan que entre los efectos benéficos de los HMA se les atribuye mayor cantidad de clorofila y alta actividad fotosintética en las plantas.

Por su parte, Tanwar et al. (2013) reportaron un incremento del contenido de clorofila y la tasa de fotosíntesis en *C. annuum* inoculado con el HMA *Glomus mosseae*, especialmente cuando agregaron inóculos de *Acaulospora laevis* y una rizobacteria.

A mayor contenido de clorofila a y b en las hojas, mayor es la absorción de luz en longitudes de onda diferentes, y por ende, se incrementa la fotosíntesis y el crecimiento de la planta. En las plantas, la luz destinada a impulsar el proceso fotosintético es absorbida por dos tipos de pigmentos las clorofilas (a y b, verdes) y los carotenoides (amarillo-anaranjados) que son moléculas cromóforas sensibles a la radiación luminosa y muy eficaces en la absorción de luz. La clorofila es el pigmento que interviene directamente en el proceso de absorción y conversión de la energía luminosa, y los carotenoides tienen como principal función proteger el aparato fotosintético mediante el mecanismo de disipación y extinción de energía (Azcón y Talón, 2008).

Al considerar de forma global los resultados obtenidos, se observa que *F. mosseae* y *S. fulgida* incrementaron variables importantes como la altura de la planta, la longitud de la raíz, la biomasa seca tanto aérea como de la raíz. No obstante, *F. mosseae* destacó aun más ya que promovió los mayores contenidos de clorofila a y b, así como de carotenoides.

Por su parte, *G. manihotis* mostró un comportamiento inferior a los otros HMA y en varios casos compartió el último puesto con el tratamiento testigo (arena).

Se concluye que el sustrato de arena inoculada con el HMA *F. mosseae* presentó los valores más altos para la mayoría de las variables (9 de 14); le siguieron *S. fulgida* (7 de 14) y el estiércol de bovino (7 de 12), en donde también se logró un buen desarrollo de las plantas. En este sentido, la aplicación estiércol de bovino (T2) se destacó entre los tratamientos en cuanto al área foliar e índice de área foliar, y en varias variables tuvo igual comportamiento que el de la inoculación con *F. mosseae* (altura de planta, longitud de raíz, biomasa aérea) y con *S. fulgida* (altura de planta, longitud de raíz, número de hojas y nudos, y biomasa aérea), por lo que su uso también representa una alternativa, sencilla, práctica y ambientalista a incluir en el manejo agronómico

del cultivo para mejorar el desarrollo inicial de la planta.

CONCLUSIONES

Los sustratos con los hongos micorrízicos arbusculares *F. mosseae* y *S. fulgida* o con estiércol de bovino influyeron positivamente en el crecimiento inicial de las plantas de ají "Misterioso". En general, el mejor sustrato fue el que incluyó el HMA *F. mosseae* en el que se favoreció la colonización micorrízica, el crecimiento vegetativo de la planta y su pigmentación.

Las variables medidas en la fase de crecimiento inicial de las plantas constituyeron buenos indicadores tempranos de la simbiosis de los hongos micorrízicos arbusculares con la planta hospedera. Los resultados representan una contribución al estudio de esta especie y sientan bases para posteriores investigaciones.

LITERATURA CITADA

1. Al-Karaki, G., B. McMichael y J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza* 14: 263-269.
2. Azcón, J. y M. Talón. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamerican. Madrid.
3. Barea, J., D. Werner, C. Azcón y R. Azcón. 2005. Interactions of arbuscular mycorrhiza and nitrogen-fixing symbiosis in sustainable agriculture. *Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology and the Environment* 4: 199-222.
4. Barrer, S. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia* 2: 120-126.
5. Cardona, G., C. Peña y A. Arcos. 2008. Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a ají (*Capsicum* sp.) en la Amazonia Colombiana. *Agronomía Colombiana* 26(3): 459-470.
6. Casierra, F. 2006. Distribución y producción total de materia seca en guayabo (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) bajo estrés

- salino. Revista Orinoquia 10(2): 59-66.
7. Castillo, C., L. Sotomayor, C. Ortiz, G. Leonelli, F. Borie y R. Rubio. 2007. Efecto de los hongos micorrízicos arbusculares en un cultivo ecológico de ají (*Capsicum annuum* L.) cacho de cabra. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Agronomía. Chile. 17 p.
 8. Çekiş, F., S. Ünyayar y I. Ortaş. 2012. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on biochemical parameters in *Capsicum annuum* grown under long term salt stress. Turkish Journal of Botany. 36: 63-72.
 9. Cruz, A.F. 2016. Effect of light-emitting diodes on arbuscular mycorrhizal fungi associated with bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) and millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br]. Bioagro 28(3): 163-170.
 10. Cuenca, G., M. Lovera, L. Fajardo y E. Meneses. 2006. Efecto de las micorrizas arbusculares sobre el crecimiento y supervivencia de dos especies nativas de la gran sabana, al trasplantarlas a un área degradada. Acta Científica Venezolana 57(2): 42-48.
 11. Díaz, A., M. Alvarado, F. Ortiz y O. Grageda. 2013. Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimentón asociado con micorriza arbuscular en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4(2): 52-63.
 12. Flores, C. y G. Cuenca. 2004. Crecimiento y dependencia micorrízica de la especie pionera y polenectarífera *Oyedaea verbesinoides* (tara amarilla), Asteraceae. Interciencia 29(11): 632-637.
 13. Gashua, I., A. Abba, y G. Gwayo. 2015. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in chilli peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in sahelian soil. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 4(2): 419-425.
 14. Mujica, Y. y A. Fuentes. 2012. Efecto a la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo del tomate en condiciones de estrés abiótico. Cultivos Tropicales 33(4): 40-46.
 15. Phillips, J.M. y D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
 16. Pulido, L.E., N. Medina y A. Cabrera. 2003. La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. Crecimiento vegetativo. Cultivos Tropicales 24(1): 15-24.
 17. Rojas, L. 2014. Respuesta del cultivo de pimentón (*Capsicum annuum*) a la inoculación con *Glomus manihotis* y *Acaulospora lacunosa* en suelo con niveles alto de fósforo. Respuestas Cúcuta-Colombia 19(1): 27-38.
 18. Salamanca, C.R. y C.A. Cano. 2005. Efecto de las micorrizas y el sustrato en el crecimiento vegetativo y nutrición de cuatro especies frutales y una forestal, en la fase de vivero, en el municipio de Restrepo-Meta, Colombia. Memorias del Encuentro Nacional de la Ciencia del Suelo: Materia orgánica y Microorganismos en la Agricultura Colombiana. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Medellín. 8 p.
 19. Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. GTZ, Eschborn, Germany. 371 p.
 20. Tanwar, A., A. Aggarwal, N. Kadian y A. Gupta. 2013. Arbuscular mycorrhizal inoculation and super phosphate application influence plant growth and yield of *Capsicum annuum*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13(1): 55-66.
 21. Vázquez, C., J. García, E. Salazar, J. López, R. Valdez, I. Castillo et al. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 17 (Esp. 1): 69-74.
 22. Walker, C. y M. Vestberg. 1994. A simple and inexpensive method for producing and maintaining closed pot cultures of arbuscular mycorrhizal fungi. Agricultural Science in Finland 3: 233-239.
 23. Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different

- resolution. *Journal of Plant Physiology* 144 (3): 307-313.
24. Wu, Q. y Y. Zou. 2010. Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress. *Scientia Horticulturae* 125: 289-293