

EFFECTO DE COBERTURAS Y MICORRIZAS NATIVAS SOBRE EL CULTIVO DE BERENJENA (*Solanum melongena* L.)

César Hernández-Lamasa¹, Carlos Cardona Ayala^{1}, César Vergara-Córdoba¹, Hermes Araméndiz-Tatis¹, Rosa Velásquez-Arteaga¹*

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

* Autor para correspondencia: ccardonaayala@yahoo.com

Recibido: marzo 3 de 2014; aprobado: mayo 12 de 2014

RESUMEN

El cultivo de berenjena es importante en la economía campesina del departamento de Córdoba, aunque se requieren estrategias de manejo acordes con los requerimientos actuales del mercado y cuidado del medio ambiente. En este artículo se evaluó la influencia de coberturas y micorrizas nativas sobre la respuesta morfofisiológica del cultivo. El ensayo se efectuó entre noviembre de 2012 y agosto de 2013 en la Universidad de Córdoba, Colombia. El diseño experimental fue de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, con arreglo factorial 3 x 2; tres métodos para el manejo de arvenses: cobertura plástica, cobertura orgánica y aplicación de glifosato y micorrizas nativas con y sin aplicación. Se evaluó el número, peso, diámetro, longitud y resistencia de fruto, área foliar, diámetro de tallo y altura de planta y porcentaje de colonización micorrícica. La cobertura plástica, con o sin micorrizas, mostró los mejores efectos sobre el diámetro de tallo, altura de planta, área foliar, número y peso de frutos/planta/semana, lo que sugiere su utilización para el manejo de arvenses y aumento de la productividad del cultivo de berenjena. También favoreció la colonización de los géneros de hongos micorrícicos *Glomus* y *Scutellospora*. La cobertura orgánica favoreció la eficiencia de las micorrizas nativas lo cual se reflejó en un mayor número, peso y diámetro del fruto. El manejo químico de arvenses con glifosato influyó negativamente tanto en los porcentajes de colonización de micorrizas en raíces como en la eficiencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. No se detectó influencia importante de los manejos de arvenses sobre los porcentajes de colonización por vesículas y arbusculos, registrándose el porcentaje de colonización más alto bajo la cobertura plástica.

Palabras clave: coberturas, micorrizas nativas, berenjena, arvenses.

EFFECT OF NATIVE MULCH AND MYCORRHIZA ON EGGPLANT (*Solanum melongena* L.) CROP

ABSTRACT

Eggplant crop is important in the rural economy of the department of Córdoba but consistent management strategies are required with the current market requirements and environmental care. The effect of native mulch and mycorrhiza on the morphophysiological crop response is evaluated in this article. The experiment was conducted between November 2012 and August 2013 at Universidad de Córdoba - Colombia. The experimental design was randomized complete block with three replications, with 3 x 2 factorial arrangement; three methods for weed management were used: plastic mulch, organic mulch and application of glyphosate and native mycorrhiza with and without application. The number, weight, diameter, length and firmness of the fruit, foliage area, stem diameter and plant height and percentage of mycorrhiza colonization were evaluated. The plastic mulch, with or without mycorrhizae, showed the best effects on stem diameter, plant height, foliage area, number and weight of fruits /plant /week, suggesting its use for weed management and to increase eggplant crop productivity. It also favored the colonization of mycorrhizal fungi genera *Glomus* and *Scutellospora*. The organic mulch favored the efficiency of native mycorrhizae which was reflected in a larger number, weight and diameter of the fruit. Chemical management of weeds with glyphosate negatively influenced both, the percentages of mycorrhizal colonization in roots, and efficiency on the growth and development of plants. No significant influence of the management of weeds on the colonization rates by vesicles and arbuscules was detected, recording the highest percentage of colonization under the plastic mulch.

Key words: mulch, native mycorrhizal, eggplant, weeds.

INTRODUCCIÓN

La berenjena es una de las especies hortícolas de mayor importancia económica en el mundo (Sekara *et al.*, 2007). A nivel nacional, esta especie es cultivada principalmente en la región Caribe y Valle del Cauca (Araméndiz *et al.*, 2010). En Córdoba, el cultivo de la berenjena (*Solanum melongena* L.), es una de las alternativas económicas en zonas de minifundios dado su período vegetativo corto, alta demanda y rentabilidad que permite obtener altos ingresos aún en pequeñas parcelas; además, es de gran prospectiva en el mercado internacional por su aporte nutricional (Antonini *et al.*, 2002). Sin embargo, los productores carecen de conocimientos técnicos sostenibles para el manejo de arvenses y la nutrición del cultivo que favorezcan el mejoramiento de su calidad para el mercado.

En la región Caribe, los productores manejan las arvenses con productos químicos combinados con controles manuales. Los productos más utilizados son el Glifosato y el Paraquat con evidentes riesgos para el medio ambiente (Riaz *et al.*, 2006) y la salud humana (Lioi *et al.*, 1998), lo cual riñe con los requisitos de las buenas prácticas agrícolas (BPA) que exigen los mercados internacionales.

Una alternativa para el manejo de arvenses que limite el impacto ambiental negativo y las trazas de agroquímicos en los frutos se puede dar con el uso de mulch vegetal, mulch, plásticos, en suelo (Erenstein, 2002), que además de restringir la emergencia de arvenses beneficia las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como el uso del agua por la planta.

Por otro lado, los productores de berenjena basan la nutrición del cultivo en el uso de fertilizantes industriales en especial aquellos con contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) (Araméndiz

et al., 2008). A nivel nacional los fertilizantes están un 45 % por encima del precio internacional (Suárez, 2014), por lo que se requiere el uso de fuentes nutricionales menos costosas. En este sentido el uso de micorrizas reduce el consumo de fertilizantes, mejora las propiedades del suelo y disminuye costos de producción debido a que la relación de mutualismo hongo-organismo facilita a la mayoría de las plantas complementar sus requerimientos de nutrición y absorción de agua en la naturaleza (Barrer, 2009).

El uso de coberturas del suelo y micorrizas nativas puede solucionar parte de los limitantes del cultivo de la berenjena, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta de la berenjena a diferentes métodos de manejo de arvenses y a la inoculación del suelo con hongos micorrícicos nativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se estableció durante el segundo semestre de 2012 en la granja experimental y laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, localizada en Montería a 14 msnm, 8°44' latitud Norte y 75°53' de longitud Oeste, precipitación anual promedio de 1346,1 mm, humedad relativa del 84 %, temperatura promedio anual de 27,4 °C y brillo solar anual de 2108,2 h (Palencia *et al.*, 2006).

Diseño experimental y tratamientos

El ensayo se realizó bajo un diseño de bloques completos aleatorizados con arreglo factorial 3 x 2; tres métodos de manejo de arvenses: cobertura plástica, cobertura orgánica y aplicación de glifosato y micorrizas nativas con y sin aplicación, con tres repeticiones.

Además, se utilizó un testigo absoluto sin control de arvenses y sin aplicación de micorrizas. Como unidades experimentales se utilizaron parcelas de 28 m², sembradas a un metro entre plantas y entre surcos.

Cobertura plástica: material de plástico bicapa negro-gris de 25 μ , color gris hacia arriba. Cobertura orgánica: hojas secas de árboles de mango, cacao y acacia.

Manejo químico: glifosato (480 g/L a 20 °C), dosis de 150 mL por 20 L de agua.

Micorrizas: sustrato micorrizado con los géneros de hongos micorrícicos nativos *Glomus* y *Scutellospora* (promedio de 235 esporas/g de sustrato). Se aplicaron 15,6 g/planta al momento del trasplante y la misma cantidad a los siete días. El sustrato micorrizado se obtuvo mediante aislamiento y multiplicación de esporas.

Obtención del sustrato micorrizado

Se muestreó un terreno de textura franco-limosa, en barbecho, de uso hortícola previo. Se tomaron tres submuestras en sendos sitios a una profundidad de 20 cm, se homogeneizaron y se conformaron tres muestras de 300 g cada una. Estas se almacenaron en bolsas plásticas y se llevaron al laboratorio para el aislamiento de las cepas nativas.

Las muestras se secaron al sol, se pulverizaron con rodillo y se tamizaron. El aislamiento de esporas se realizó de acuerdo al método de tamizado en húmedo y centrifugación en gradiente de sacarosa (Gedermann & Nicolson, 1963). El líquido obtenido en el proceso de aislamiento se vertió en cajas de Petri; luego, bajo el lente del estereoscopio, con una pipeta, las esporas viables se pasaron a tubos Eppendorf que contenían agua destilada (25 esporas/

Eppendorf) identificándose y almacenándose a 18 °C. La identificación se hizo al microscopio, por características visuales, con el apoyo del catálogo de micorrizas arbusculares (Peña *et al.*, 2006). Se identificaron los géneros *Scutellospora* y *Glomus*. Para la multiplicación de esporas se utilizó como hospedero el pasto braquiaria (*Brachiaria* spp.), el cual fue sometido a estrés previo mediante podas. El pasto fue establecido con anterioridad en nueve macetas de 1300 cm³ con una mezcla previamente esterilizada (Blanco & Salas, 1997) de aluvión, arena y cascarilla de arroz en relación 1:1:1. Se aplicó un Eppendorf/maceta y se esperó 35 días para la germinación, asociación y esporulación de los hongos micorrícicos.

Variables

Altura, diámetro y área foliar/planta: se tomaron tres plantas al azar del surco central/unidad experimental. La altura se midió con cinta métrica desde la cicatriz cotiledonal hasta el ápice; el diámetro, a una altura de 15 cm, con un nonio; el área foliar se estimó con un modelo para berenjena (Cardona *et al.*, 2008). Las medidas se hicieron desde el trasplante hasta la semana siete.

Longitud, diámetro, número y peso de fruto: se tomaron aleatoriamente 10 plantas (del surco central/unidad experimental). La longitud y el diámetro de cada fruto cosechado se midieron con cinta métrica desde el inicio de la producción hasta la sexta semana de cosecha. Se contó el número de frutos cosechados/semana y se pesaron en una balanza electrónica desde el inicio de la producción hasta la doceava semana de cosecha.

Resistencia de frutos: se tomaron al azar dos frutos/unidad experimental. Se les midió la resistencia en newton (N) con un penetrómetro, en dos lugares distintos opuestos, en la décima semana de cosecha.

Porcentaje de colonización por vesículas y arbusculos: a los cuatro meses posteriores al trasplante se extrajeron las raíces más finas de dos plantas/unidad experimental y se tiñeron según la metodología de Koske & Gemma (1989). Una vez teñidas las raíces se estimó el porcentaje de colonización por el método en láminas propuesto por Sieverding (1983). El porcentaje de colonización se estimó con las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ colonización arbusculo} = \frac{\text{observaciones con arbusculos}}{\text{observaciones totales}} \times 100$$

$$\% \text{ colonización vesícula} = \frac{\text{observaciones con vesícula}}{\text{observaciones totales}} \times 100$$

$$\% \text{ colonización total} = \frac{\text{observaciones con arbusculos o vesículas}}{\text{observaciones totales}} \times 100$$

Procesamiento de datos y análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey al 5 %. También se llevaron a cabo análisis de regresión para diámetro de tallo, altura de planta y área foliar. Se utilizó el paquete estadístico SAS® 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número y peso de frutos/planta/semana

Las medias del número y peso de frutos/planta/semana fueron, respectivamente, $0,38 \pm 0,14$ y $148,3 \pm 58,2$ g. El análisis de varianza para ambas variables mostró diferencias significativas entre tratamientos. El efecto de cobertura resultó altamente significativo, el de micorriza no significativo, mientras que la interacción cobertura-micorriza resultó significativa (Tabla 1), lo que indica que el efecto de las micorrizas varía según el tipo de manejo de arvenses y viceversa (Figura 1).

Tabla 1. Cuadrados medios de número, peso/planta/semana, diámetro, longitud y firmeza de frutos, altura de planta, diámetro de tallo y área foliar de berenjena

Fuente de variación	Número frut./ plant./sem.	Peso frut./ plant./sem.	Diámetro fruto	Longitud fruto	Firmeza fruto	Altura de planta	Diámetro de tallo	Área foliar/ planta
Bloque	0,0192 ^{ns}	1745,52 ^{ns}	0,241 ^{ns}	2,708 ^{ns}	1,289 ^{ns}	18,34 ^{ns}	0,0546 ^{ns}	104195,9 ^{ns}
Tratamiento	0,2859**	25290,39**	0,654*	6,388 ^{ns}	3,514 ^{ns}	738,30**	0,3512*	2091023,4**
Cobertura	0,6057**	44028,78**	0,350 ^{ns}	5,624 ^{ns}	0,166 ^{ns}	1444,1**	0,7615**	4575624**
Micorriza	0,0430	6267,89 ^{ns}	0,227 ^{ns}	0,122 ^{ns}	13,039 ^{ns}	13,52 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	105462,9 ^{ns}
Cobertura x Micorriza	0,0876*	16063,25*	0,818*	7,644 ^{ns}	0,810 ^{ns}	394,9 ^{ns}	0,1157 ^{ns}	599203 ^{ns}
R ²	0,8850	0,8030	0,6767	0,8270	0,2648	0,774	0,715	0,811
CV (%)	36,32	39,28	44,95	32,85	17,469	21,969	26,626	31,743

CV= coeficiente de variación; R²= coeficiente de determinación; ns= no significativo; * significativo; ** altamente significativo.

Efecto de coberturas y micorrizas nativas sobre el cultivo de berenjena (*Solanum melongena* L.)

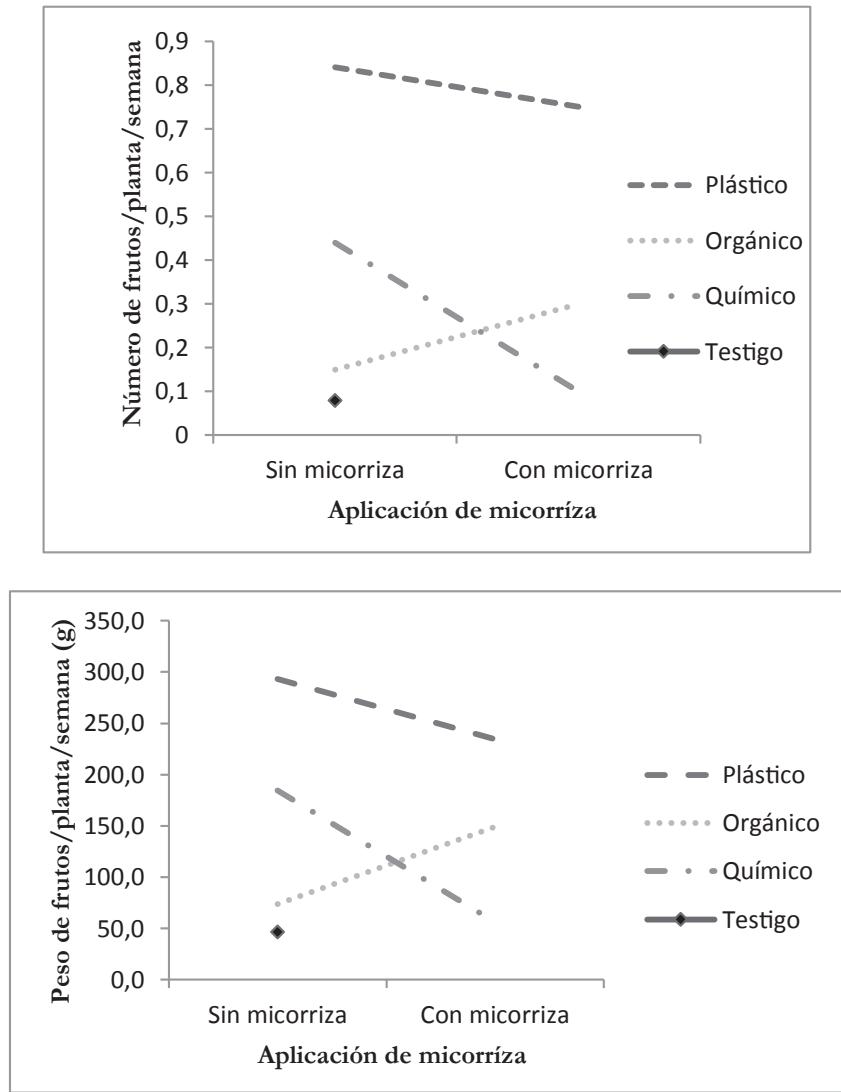


Figura 1. Efectos de la interacción cobertura-micorriza sobre el número y peso de frutos/planta/semana de berenjena.

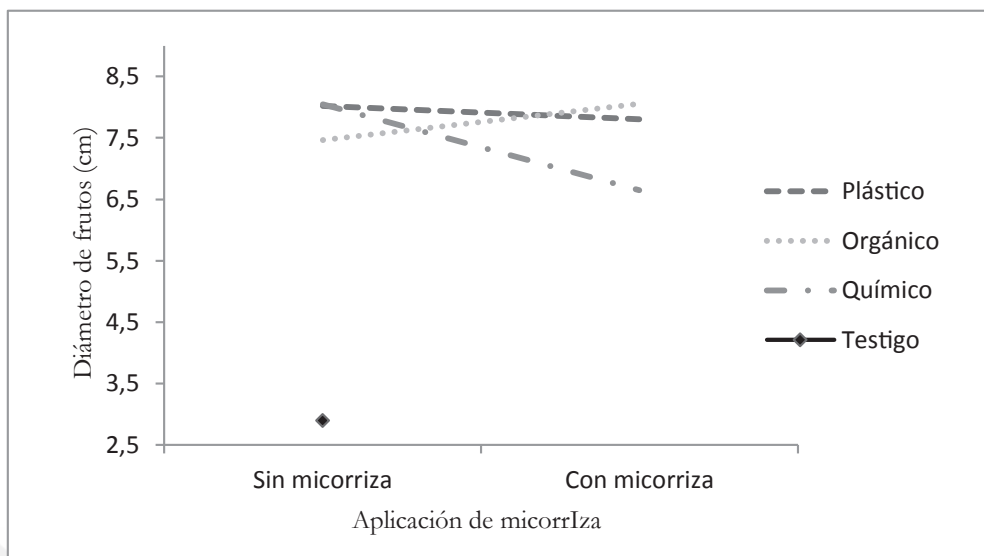


Figura 2. Efecto de la interacción cobertura-micorriza sobre el diámetro de frutos.

Así, sin micorrizas: el mayor número y peso de frutos/planta/semana se obtuvo con cobertura plástica, seguido por el manejo de arvenses con glifosato y cobertura orgánica. Mientras que con micorrizas: el mayor número y peso de frutos/planta/semana se obtuvo con cobertura plástica, seguido de cobertura orgánica y la aplicación de glifosato; en tanto que el menor efecto se obtuvo en el testigo absoluto.

El efecto sinérgico positivo que se observó con la implementación conjunta de cobertura orgánica e inoculación micorrícica sugiere algún efecto estimulador de esta sobre su efectividad. Se sabe que una mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo aumenta la efectividad de la micorriza (Da Silva *et al.*, 2008; Fundora *et al.*, 2011). La cobertura orgánica, además de aportar nutrientes al suelo mediante su descomposición paulatina (Adentuji, 1990), provoca una mayor presencia de microorganismos (Erenstein, 2002); los cuales establecen sinergismo con las micorrizas favorables para las plantas tal como ha sido reportado por Velasco *et al.* (2001) para tomate y Martin *et al.* (2014) para canavalia.

La disminución del número y peso de frutos/planta/semana, bajo cobertura plástica y control químico con glifosato, en presencia de micorrizas, suponen algún efecto inhibitorio de estos manejos de arvenses sobre la efectividad de las micorrizas; las cuales estarían a expensas del carbono fijado por la planta, sin aportar beneficios significativos para esta. Se ha encontrado que el balance en la asociación planta-micorriza puede invertirse, y ser perjudicial para la planta, al convertirse en una interacción parasítica (Morgan *et al.*, 2005). Por otro lado los beneficios del uso de coberturas plásticas concuerdan con lo encontrado por Rojas & Fernández (2010), quienes reportaron en tomate un incremento significativo con cobertura plástica plata-negra. En melón, Contreras (2000) reportó mayor peso de fruto con mulch de plástico claro.

El aumento del número y peso de frutos con la cobertura plástica puede obedecer a la reflexión de la luz por el plástico y el aumento de la temperatura del suelo. La radiación fotosintéticamente activa reflejada por los plásticos, probablemente, induce mayor

floración y mayor número de frutos (Berzoza & Chávez, 2009; Gil *et al.*, 2012).

La no significancia del efecto principal de la micorriza sobre el número y peso de frutos posiblemente obedezca a la escasa compatibilidad entre la especie estudiada y los hongos micorrícicos arbusculares (HMA); esto concuerda con lo encontrado por Llonín & Medina (2002) y Terry & Leyva (2005), pero contrasta con Méndez *et al.* (2012) y Alvarado *et al.* (2014) quienes reportaron efecto significativo de las micorrizas en el número de frutos/planta de tomate.

El bajo número y peso de frutos/planta/semana que registró el testigo absoluto (Figura 1), es atribuible a la alta incidencia de arvenses; Araméndiz *et al.* (2010) reportaron una reducción del 67,01 % por el efecto de la competencia en berenjena.

Diámetro y longitud de fruto

El diámetro y longitud media de frutos fueron $8,0 \pm 3,5$ y $19,8 \pm 1,2$ cm, respectivamente. Estas variables no fueron afectadas significativamente por la aplicación de micorrizas ni por los manejos de arvenses. Sin embargo el diámetro del fruto presentó significancia en la interacción cobertura-micorriza (Tabla 1), lo cual indica que el efecto de las micorrizas varía según el tipo de manejo de arvenses.

Al igual que con el número y peso de frutos/planta/semana, la cobertura que influyó más sobre el diámetro del fruto fue la orgánica. La cobertura plástica aparentemente no produjo efecto, mientras que el control químico con glifosato influyó negativamente sobre el diámetro de fruto. Sin embargo, se ha reportado en melón incrementos en el diámetro polar del fruto con cobertura plástica (Gruber *et al.*, 2011).

El incremento del diámetro del fruto, con micorriza y cobertura orgánica, posiblemente se debe a la mejora de las condiciones físicas, químicas y biológicas de suelo (Adentuji, 1990) que favorecen la actividad de los HMA (Da Silva *et al.*, 2008) y mejora el contenido de clorofila y la absorción de nutrientes minerales (Llonín & Medina, 2002). En tomate, Villarreal *et al.* (2006) encontraron mayor producción de frutos grandes con la utilización de cobertura orgánica.

La disminución del diámetro del fruto en presencia del control con glifosato sugiere una disminución de la efectividad de los HMA, ya que los beneficios que las micorrizas aportan a la planta se reducen por un mayor gasto de carbono utilizado para el metabolismo del hongo (Johnson *et al.*, 1997). En otro estudio, el glifosato afectó drásticamente el porcentaje de colonización de micorrizas en pasto *Lolium multiflorum* (Druille, 2007).

A pesar de la no significancia de los efectos principales de micorrizas y manejo de arvenses, los frutos de berenjena presentaron diámetro medio de 6,6-8,1 cm y longitud media de 12,2-21,2 cm que corresponden a la clasificación de mediano a grande de la norma ICONTEC (2004), con excepción del tratamiento glifosato-micorriza.

Firmeza de fruto

La firmeza media de frutos fue $12,6 \pm 2,2$ N. No se presentó efecto significativo en los efectos principales ni en la interacción cobertura-micorriza (Tabla 1). La firmeza parece ser una característica poco afectada por el tipo de cobertura utilizada en los cultivos. En tomate, Villarreal *et al.* (2006) reportaron ausencia de significancia de firmeza bajo cobertura orgánica y plástica sin la utilización de micorriza.

Aunque en este estudio no se encontró efecto significativo de las micorrizas, sobre la firmeza del fruto de berenjena, se ha reportado que influyen en la toma del fósforo y en forma directa o indirecta en la absorción de iones minerales como N, K, Ca, Mg, Fe, Mn (Johansen *et al.*, 1994) que podrían influir en esta característica. Al respecto, Ventura (2011) encontró aumentos en el contenido de Ca en pulpa de papaya con la inoculación de micorrizas. El Ca se localiza en la pared celular adherido a pectinas, donde su función principal es regular la permeabilidad de la membrana y el fortalecimiento de la pared celular (Taiz & Zeiger, 2010).

Altura de planta, diámetro de tallo y área foliar

La altura de planta, el diámetro de tallo y el área foliar presentaron promedios de $48,8 \pm 10,7$ cm; $1,06 \pm 0,28$ cm y $1699,0 \pm 539,4$ cm²,

respectivamente. Se presentaron efectos altamente significativos en el manejo de arvenses, mas no en micorrizas ni en la interacción micorriza-manejos de arvenses (Tabla 1).

Con la cobertura plástica se obtuvieron los mejores resultados para las tres variables y no se encontraron diferencias significativas entre cobertura orgánica, manejo de arvenses con glifosato y testigo (Tabla 2). Numerosas investigaciones confirman el efecto benéfico de las coberturas plásticas sobre el crecimiento vegetativo y rendimiento en plantas (Melgarejo *et al.*, 2013; Wong, 2010). Sin embargo Paunero & Francescangeli (2006), en tomate, no detectaron efecto de la cobertura plástica sobre la altura de las plantas a la primera cruz en ningún momento del ciclo ni sobre las dimensiones de las hojas del estrato medio y superior de la planta.

Tabla 2. Valores medios de altura de planta, diámetro de tallo y el área foliar de berenjena

Manejo arvenses	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (cm)	Área foliar (cm ²)
Cobertura plástica	68,60 a	1,54 a	2887,9 a
Cobertura orgánica	48,48 b	0,94 b	1456,8 b
Control químico (glifosato)	38,08 b	0,90 b	1305,3 b
Testigo	31,80 b	0,70 b	594,70 b

Promedios con letras distintas dentro de una misma columna son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey al 5 %.

El reducido o nulo efecto de los hongos micorrícicos inoculados sobre estos caracteres morfológicos puede ser atribuido a la poca afinidad entre las micorrizas inoculadas y la planta de berenjena ya sea por ausencia de intercambio de metabolitos y nutrientes o porque el hongo actúe solo como consumidor de nutrientes. Varios autores señalan que en la implementación de estrategias de manejo de cultivos basadas en HMA se debe buscar la mejor interacción genotípica entre hongo y planta, ya que algunas especies fúngicas pueden tener mayor o menor afinidad con determinado hospedero

incluso entre individuos de la misma especie, cultivar o raza (Declerck *et al.*, 1995). Aunque se acepta que los HMA son generalistas entre las plantas micótrofas, también es cierto que existen asociaciones preferenciales o especificidad ecológica (Gonigle & Fitter, 1990) entre plantas y hongos.

Los efectos de las micorrizas sobre los caracteres de interés agronómico no han sido consistentes en muchos estudios; Pimienta *et al.* (2009) mencionan que *Glomus fasciculatum* y *Glomus intraradices* inoculados en Agave (*Agave tequilana*) no

afectaron la longitud y el ancho de las hojas. Sin embargo, Chacón & Cuenca (1998) mencionan que *Scutellospora fulgida* produjo efecto positivo en el crecimiento de la guayaba.

Por su parte la ausencia del control de arvenses en el testigo tuvo un efecto negativo sobre la altura de la planta, el diámetro del tallo y el área foliar de las plantas debido a la interferencia con el cultivo, encontrándose disminuciones en la altura de planta de berenjena del 11,9 %; los cuales concuerdan con los reportados por Araméndiz *et al.* (2010).

Porcentaje de colonización por vesículas y arbuscúlos

Los porcentajes promedios de colonización de raíces de berenjena por vesículas y arbuscúlos fueron de $10,9 \pm 7,4$ y $9,3 \pm 2,3$ %, respectivamente. El análisis de varianza para el porcentaje de arbuscúlos, mostró diferencias

significativas entre los diferentes tipos de coberturas (Tabla 3); los porcentajes más altos de colonización se encontraron bajo las coberturas plástica y orgánica, superando significativamente al tratamiento con el herbicida glifosato, mientras que el testigo presentó el más bajo porcentaje de arbuscúlos. La colonización arbuscular en el testigo sugiere la presencia natural de HMA.

El análisis de varianza para el porcentaje de vesículas mostró diferencias significativas entre tratamientos. El testigo presentó el menor porcentaje de colonización, mientras que para las coberturas plástica y orgánica y el manejo con glifosato no se estimaron diferencias significativas (Tabla 3). La presencia de vesículas probablemente se debe a la colonización del género *Glomus* en las raíces de berenjena, ya que el género *Scutellospora* no forma vesículas (Bianciotto & Bonfante, 1999).

Tabla 3. Porcentaje de colonización por arbuscúlos y vesículas de hongos micorrícicos en raíces de berenjena bajo diferentes coberturas

Tratamiento	Porcentaje arbuscúlos	Porcentaje vesículas
Cobertura plástica + micorriza	17,00 a	17,33 a
Cobertura orgánica + micorriza	12,33 a	15,67 a
Control químico + micorriza	6,67 b	9,33 ab
Testigo	1,33 c	1,33 b

Promedios con letras distintas dentro de una misma columna son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey al 5 %.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Contreras *et al.* (1993), quienes observaron aumento del porcentaje de infección de raíces por micorrizas vesículo arbusculares en lechuga cultivada bajo invernadero con acolchado de polietileno. Asimismo, para Erenstein (2002), las coberturas en el suelo incrementan la actividad de micro y macroorganismos del suelo.

Por otro lado, los porcentajes de colonización de HMA que se presentaron en todos los tratamientos son bajos; similares a los reportados por Velasco *et al.* (2001) en tomate (32,9 %), pero inferiores a los encontrados por Barrera *et al.* (2012) y Guzmán & Rivillas (2007) quienes reportaron porcentajes de colonización del género *Glomus* del 90 % en plátano y 70 % en café, respectivamente.

La escasa colonización micorrícica encontrada en tomate, es atribuida por Boswell *et al.* (1998) al sistema radicular extenso de la planta; lo cual la hace independiente de la micorriza. Posiblemente, esto mismo ocurra con la berenjena.

El manejo de arvenses con glifosato presentó el más bajo porcentaje de colonización por arbuscúlos en raíces de berenjena (Tabla 3), a la vez que fue significativamente inferior a los demás tratamientos (a excepción del testigo). Al respecto, Druille (2007) encontró que el porcentaje de colonización radical y de arbuscúlos fue significativamente menor en las plantas que crecieron en suelos tratados con glifosato.

CONCLUSIONES

La cobertura plástica, con o sin micorrizas, mostró los mejores efectos sobre el diámetro de tallo, altura de planta, área foliar, número y peso de frutos/planta/semana, lo que sugiere su utilización para el manejo de arvenses y aumento de la productividad del cultivo de berenjena. También favoreció la colonización de los géneros de hongos *Glomus* y *Scutellospora*, aplicados en sustrato micorrizado al inicio del cultivo.

La cobertura orgánica favoreció la efectividad de los géneros de hongos *Glomus* y *Scutellospora* reflejada en un aumento significativo del diámetro, peso y número de frutos/planta/semana.

El manejo químico de arvenses con glifosato repercutió negativamente tanto en los porcentajes de colonización micorrícica en raíces como en la eficiencia sobre el crecimiento y desarrollo de la berenjena.

REFERENCIAS

- Adentuji, I. 1990. Effect of mulches and irrigation on growth and yield of lettuce in semi-arid region. *Biotronics*. 19 (1): 93-98.
- Alvarado, M., Díaz, A. & Peña, M. 2014. Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5 (3): 513-518.
- Antonini, A., Robles, W., Neto, J. & Kluge, R. 2002. Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. *Horticultura Brasileira*. 20 (4): 646-648.
- Araméndiz, H., Cardona, C. & de Oro, R. 2010. Periodo de interferencia de arvenses en el cultivo de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Agronomía Colombiana*. 28 (1): 81-88.
- Araméndiz, H., Cardona, C., Jarma, A. & Espitia, M. 2008. El cultivo de la berenjena (*Solanum melongena* L.). Produmedios, Bogotá.
- Barrer, S. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 7 (1): 123-133.
- Barrera, J., Oviedo, L. & Barraza, F. 2012. Evaluación de micorrizas nativas en plantas de plátano Hartón (*Musa AAB*) en fase de vivero. *Acta Agronómica*. 61 (4): 315-324.
- Berzoza, M. & Chávez, N. 2009. Producción de sandía con riego por goteo y acolchado plástico. *Boletín Técnico*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrarias y Pecuarias, Ciudad de México.
- Bianciotto, V. & Bofante, P. 1999. Presymbiotic versus symbiotic phase in arbuscular endomycorrhizal fungi. pp. 229-251. En: Varma, A. & Hock, B. (eds). *Mycorrhiza: Structure, Function, molecular biology and biotechnology*. Spriger-Verlag, New York.
- Blancol, F. & Salas, E. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 21 (1): 55-67.
- Boswell, E.P., Koide, R.T., Shumway, D.L. & Addy, H.D. 1998. Winter wheat covers cropping. A mycorrhizal fungi and maize growth and yield. *Agriculture Ecosystem & Environment*. 67: 55-65.
- Cardona, C., Araméndiz, H. & Barrera, C. 2008. Modelo para estimación de área foliar en berenjena (*Solanum melongena* L.) basado en muestreo no destructivo. *Revista Temas Agrarios*. 14 (2): 1-17.
- Chacón, A. & Cuenca, G. 1998. Efecto de las micorrizas arbusculares y de la fertilización con fósforo, sobre el crecimiento de la guayaba en condiciones de vivero. *Agronomía Tropical*. 48 (4): 425-440.
- Contreras, R. 2000. Efecto del mulch plástico sobre el cultivo del melón (*Cucumis melo* L.) en la pampa del tamarugal. Tesis de Ingeniería Agrícola. Universidad Arturo Prat, Chile.
- Contreras, A., Borie, F., Rubio, R. & Moraga, E. 1993. The effects of plastic protection on the development of mycorrhizal infection in roots of different horticultural cultivars. *Horticultural Abstracts*. 63: 1117.
- da Silva, D., da Silva, F., Yano-Melo, A. & Maia, L. 2008. Uso de vermicomposto favorece o crescimento de mudas de graviroleira (*Annona muricata* L. 'Morada') associadas a fungos micorrízicos arbusculares. *Acta Botanica Brasílica*. 22 (3): 863-869.
- Declerck, S., Plenchette, C. & Strullu, D. 1995. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivars. *Plant Soil*. 176 (1): 183-187.

Díaz, A., Alvarado, M., Ortiz, F. & Grageda, O. 2013. Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4 (2): 315-321.

Druille, M. 2007. Efectos directos e indirectos del herbicida glifosato sobre los hongos micorrícicos arbusculares en pastizales de la Pampa Deprimida. Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Erenstein, O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil & Tillage Research*. 67 (2): 115-133.

Fundora, L., Rivera, R., Martín, J., Calderón, A. & Torres, A. 2011. Utilización de cepas eficientes de hongos micorrícicos arbusculares en el desarrollo de portainjertos de aguacate en un sustrato suelo-cachaza. *Revista Cultivos Tropicales*. 32 (2): 23-29.

Gedermann, J. & Nicolson, T. 1963. Spores of micorrhizal endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*. 46 (1): 235-244.

Gil, J., Montaña, N. & Plaza, R. 2012. Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la producción de dos cultivares de ají dulce. *Revista Bioagro*. 24 (2): 143-148.

Gonigle, T. & Fitter, A. 1990. Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal association. *Mycological Research*. 94 (1): 120-122.

Gruber, L. et al. 2011. Efecto del riego y la cobertura plástica sobre la producción de frutos en melón (*Cucumis melo* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*. 28 (1): 246-253.

Guzmán, O. & Rivillas, C. 2007. Relación de *Glomus manibotis* y *G. fasciculatum* con el crecimiento de plantas de café y la severidad de la mancha de hierro. *CENICAFÉ*. 58 (3): 236-257.

ICONTEC. 2004. NTC 1220.1. ICONTEC, Bogotá.

Johnson, N., Graham, J. & Smith, F. 1997. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytologist*. 135 (4): 575-585.

Johansen, A., Jakobsen, I. & Jenssen, E. 1994. Hyphal N transport by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. *Plant and Soil*. 160 (1): 1-9.

Koske, R. & Gemma, J. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas'. *Mycological Research*. 92 (4): 486-505.

Lioi, M. et al. 1998. Cytogenetic damage and induction of pro-oxidant state in human lymphocytes exposed in vitro to glyphosate, vinclozolin, atrazine, and DPX-E9636. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 32 (1): 39-46.

Llonín, D. & Medina, N. 2002. Nutrición mineral con N, P y K en la simbiosis hongos micorrícicos-tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en ferralsols. *Cultivos Tropicales*. 23 (4): 83-88.

Martín, G., González, P., Rivera, R., Arzola, J. & Pérez, A. 2014. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno e inoculación de micorriza sobre el crecimiento y producción de semillas de *Canavalia ensiformis* en suelos ferralíticos rojos lixiviados. *Revista Cultivos Tropicales*. 35 (1): 86-91.

Melgarejo, P. et al. 2013. Cultivo de mandarina temprano bajo malla, sobre mesetas y cobertura plástica del suelo. Consulta: enero de 2015. <http://sechaging-madrid2013.org/documentos/sechagingcomunicaciones.pdf>.

Méndez, J., Boicet, T. & Salgado, Y. 2012. Efecto de tres alternativas ecológicas en el desarrollo y crecimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Granma Ciencia*. 16 (3): 1-10.

- Morgan, J., Bending, G. & White, P. 2005. Biological costs and benefits to plant-microbe interactions of the mycorrhizal association *Hellianthemum almeriense*-*Terfezia clavaryi*. *Mycorrhiza*. 10 (1): 115-119.
- Palencia, G., Mercado, T. & Combatt, E. 2006. Estudio agrometeorológico del departamento de Córdoba. Universidad de Córdoba, Gráficas del Caribe, Montería.
- Paunero, I. & Francescangeli, N. 2006. Influencia del color del acolchado plástico de suelo en parámetros vegetativos y productivos pimiento. Consulta: mayo de 2014. http://anterior.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/2006/ip_0602.htm.
- Peña, C., Cardona, G., Mazorra, A., Arguellez, J. & Arcos, A. 2006. Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Bogotá.
- Pimienta, E., Zañudo, J. & López, E. 2009. Efecto de las micorrizas arbusculares en el crecimiento, fotosíntesis y anatomía foliar de plantas jóvenes de *Agave tequilana*. *Acta Botánica Mexicana*. 89 (1): 63-78.
- Riaz, M., Malik, M.A., Mahmood, T.Z. & Jamil, M. 2006. Effect of various weed control methods on yield and yield components of wheat under different cropping patterns. *International Journal of Agricultural and Biological*. 8 (5): 636-640.
- Rojas, I. & Fernández, R. 2010. Efecto del acolchado en el rendimiento de tomate de cáscara en Tlaxcala. Centro de Investigación Regional del Centro CIRCE, Tlaxcala.
- Sekara, A., Cebula, S. & Kunicki, E. 2007. Cultivated eggplants-origin, breeding objectives and genetic resources. A review. *Folia Horticulturae*. 19 (1): 97-114.
- Sieverding, E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali.
- Suárez, A. 2014. Colombia, campeón mundial en precio de fertilizantes. Consulta: mayo de 2015. <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/colombia-campeon-mundial-precio-de-fertilizantes-articulo-440962>.
- Taiz, L. & Zeiger, E. 2010. Plant physiology. 5th ed. Sinauer Associates Incorporated, Redwood City.
- Terry, E. & Leyva, A. 2005. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. *Agronomía Costarricense*. 30 (1): 65-73.
- Velasco, J., Ferrera, R. & Almaraz, J. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *TERRA*. 19 (3): 241-248.
- Ventura, M. 2011. Nutrición mineral e inoculación de hongos micorrícicos en la calidad postcosecha de frutos de papaya Maradol. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco Estado de México.
- Villarreal, M. et al. 2006. Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. *Terra Latinoamericana*. 24 (4): 549-556.
- Wong-Xu, M. 2010. Producción de tres variedades de vegetales orientales bajo condiciones de campo evaluando factores de mulch plástico y *Trichoderma harzianum* en Zamorano, Honduras. Tesis de Ingeniera Agrónoma. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.