

## Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida\*

## Tomato productivity by arbuscular mycorrhizal in protected agriculture

Manuel Alvarado Carrillo<sup>1§</sup>, Arturo Díaz Franco<sup>1</sup> y María de los Ángeles Peña del Río<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo- INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa, km 61, Río Bravo, Tamaulipas, C. P. 88900. <sup>2</sup>Campo Experimental General Terán- INIFAP. Carretera Montemorelos-China, km 31, General Terán, N. L., C. P. 67400. (diaz.arturo@inifap.gob.mx; angelesrio36@yahoo.com.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: alvarado.manuel@inifap.gob.mx.

### Resumen

La efectividad de los hongos micorrízicos arbusculares en cultivos bajo agricultura protegida es poco conocida. El objetivo del estudio fue conocer la respuesta de tomate (cv. 'El Cid') a la inoculación micorrízica en una estructura casasombra. Las plántulas se trasplantaron en suelo, inoculadas o no con *Rhizophagus intraradices*. Las plantas inoculadas incrementaron significativamente el contenido de clorofila, altura de planta y la colonización micorrízica, comparado con plantas no inoculadas. Igualmente, se observaron incrementos significativos en el largo, diámetro y peso de fruto, además, aumentó el rendimiento de fruto por corte y el rendimiento acumulado en 30%. El efecto benéfico de *R. intraradices* como promotor del rendimiento de tomate en agricultura protegida puede representar un manejo eficiente de producción.

**Palabras clave:** colonización micorrízica, características de fruto, rendimiento.

En México existen alrededor de 20 000 ha bajo agricultura protegida (AP) de las cuales aproximadamente 12 000 ha son de invernadero y las otras 8 mil ha corresponden a casas sombra y macro túnel principalmente (SAGARPA, 2012). Sin embargo, independientemente del nivel tecnológico de la AP, son múltiples los factores que originados de las

### Abstract

The effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in crops under protected agriculture is poorly understood. The objective was to study the response of tomato (cv. 'El Cid') to mycorrhizal inoculation in a shade house structure. The seedlings were transplanted into soil, inoculated or not with *Rhizophagus intraradices*. The inoculated plants significantly increased chlorophyll content, plant height and root colonization compared with non-inoculated plants. Similarly, significant increases were observed in the length, diameter and fruit weight also increased fruit yield by cutting and accumulated in 30% yield. The beneficial effect of *R. intraradices* as promoter of tomato yield in protected agriculture may represent an efficient production management.

**Keywords:** mycorrhizal colonization, fruit characteristics, yield.

In Mexico there are about 20 000 h under protected agriculture (AP) of which about 12 000 ha are other gases and 8000 ha are mainly shade and macro tunnel (SAGARPA, 2012) houses. However, independently the technological level of the AP, there are multiple factors that originate from different crop agronomic practices are manifested in the quantity and quality of horticultural production (Moreno *et al.*, 2011; Juárez *et al.*, 2011).

\* Recibido: agosto de 2013  
Aceptado: enero de 2014

diferentes prácticas agronómicas del cultivo, se manifiestan en la cantidad y la calidad de la producción hortícola (Moreno *et al.*, 2011; Juárez *et al.*, 2011).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos rizosféricos, cosmopolitas encontrados en la mayoría de las plantas terrestres, capaces de colonizar el sistema radical y establecer una asociación mutualista o simbiosis con las plantas (Smith y Read, 2008). Dentro de los beneficios que aporta la simbiosis HMA-planta hospedante, están: la promoción del crecimiento y mayor nutrición mineral de la planta (Carpio *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2013); tolerancia a patógenos del suelo (Graham, 2001; Tahat *et al.*, 2010); y a condiciones abióticas adversas (Davies *et al.*, 2002; Rabie, 2005). Algunos de los HMA se han utilizado como inoculantes, cuya práctica ha tenido beneficios en la producción agrícola (Jeffries *et al.*, 2003), por lo que pueden ser considerados como un componente biotecnológico importante para el incremento de la productividad hortícola (Azcón y Baera, 1997; Vosatka *et al.*, 1999; Ikiz *et al.*, 2009). Por lo tanto, la inoculación micorrízica representa una práctica que debe ser incorporada a los sistemas de producción hortícola en AP (Davies *et al.*, 2000; Carpio *et al.*, 2005; Oseni *et al.*, 2010). Es abundante el conocimiento del impacto de los HMA en hortalizas producidas en campo, pero poco se conoce sobre sus efectos en condiciones de AP.

En tomate de invernadero, diferentes estudios enfatizaron las ventajas que tiene la inoculación micorrízica al incrementar la nutrición mineral, el tamaño de fruto y el rendimiento (Al-Karaki, 2006; Desgan *et al.*, 2008; Oseni *et al.*, 2010). No obstante, Corkidi *et al.* (2004) y Rodríguez *et al.* (2004), señalaron que la efectividad de la tecnología micorrízica en invernadero dependerá de la cepa del HMA, la planta y las condiciones de su crecimiento. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de la planta, y la productividad de tomate, mediante la inoculación de micorriza arbicular, en condiciones de casa sombra.

El estudio se realizó en el Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas ( $25^{\circ} 57'$  latitud norte,  $98^{\circ} 01'$  longitud oeste; 25 msnm), en una estructura tipo casa sombra y con suelo migajón limoso. El suelo muestreado a profundidad 0-30 cm se analizó para determinar las características físicas y químicas (SEMARNAT, 2002), precedentes a la siembra (Cuadro 1). El híbrido de tomate (*Lycopersicon esculentum*; tipo Saladette) fue 'El Cid', sembrado el 10 de agosto de

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are rhizosphere, cosmopolitan microorganisms found in most land plants, able to colonize the root system and establish a mutual association or symbiosis with plants (Smith and Read, 2008). Among the benefits that HMA-symbiosis provides the host plant are (Carpio *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2013), the promotion of growth and mineral nutrition of higher plant tolerance to soil pathogens (Graham, 2001; Tahat *et al.*, 2010), and adverse abiotic conditions (Davies *et al.*, 2002; Rabie, 2005) some of the HMA were used as inoculants, whose practice has benefits in agricultural production (Jeffries *et al.*, 2003), can thus be considered as an important component for biotechnological horticultural increased productivity (Azcón and Baera, 1997; Vosatka *et al.*, 1999; Ikiz *et al.*, 2009). therefore represents a mycorrhizal inoculation practice that should be incorporated into production systems horticulture in AP (Davies *et al.*, 2000; Carpio *et al.*, 2005; Oseni *et al.*, 2010). There is abundant knowledge of the impact of AMF in vegetables produced in the field, but little is known about its effects on conditions AP.

In greenhouse tomato, different studies emphasized the advantages of mycorrhizal inoculation to increase the mineral nutrition, fruit size and yield (Al-Karaki, 2006; Desgan *et al.*, 2008; Oseni *et al.*, 2010.). No. However, Corkidi *et al.* (2004) and Rodríguez *et al.* (2004) noted that the effectiveness of mycorrhizal technology in emissions would depend on l to strain HMA, the plant and the conditions of their growth. As e l aim of this study was to evaluate the response of the plant, and productivity of tomato, by inoculating arbuscular mycorrhizae, in house conditions shadow.

The study was conducted in the Experimental Río Bravo, National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), in the municipality of Río Bravo, Tamaulipas ( $25^{\circ} 57'$  north latitude,  $98^{\circ} 01'$  west longitude, 25 m), in a house-like structure shadow loam and loamy soil. The soil sampled at 0-30 cm depth was analyzed for physical and chemical characteristics (SEMARNAT, 2002), prior to planting (Table 1). Tomato hybrid (*Lycopersicon esculentum*; Saladette) type was 'El Cid', sown on 10 August-October 20 in trays of 128 holes was used as substrate Peat Moss®'s and transplanted on 10 September. The crop management was through ferti-irrigation with scheduled according to the growth stage of the plant from a total of 910 kg ha<sup>-1</sup> of N, 646 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1441 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, 1 010 kg ha<sup>-1</sup> of Ca ha<sup>-1</sup> and 288 kg Mg ha<sup>-1</sup> (Castellanos, 2004).

2010 en charolas de 128 orificios, como sustrato se utilizó Peat Moss® y trasplantado el 10 de septiembre. El manejo del cultivo fue a través de fertiriego, con una fertilización programada en función al estado fenológico de la planta de un total de 910 kg ha<sup>-1</sup> de N, 646 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1441 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 1010 kg ha<sup>-1</sup> de Ca y 288 kg ha<sup>-1</sup> de Mg (Castellanos, 2004). El riego se realizó a través de un sistema de goteo con mangueras como líneas regantes superficiales y goteros espaciados a 30 cm, con un goteo individual de 8 LPH. Los riegos se aplicaron cuando los tensímetros indicaron 20 centibares, aproximadamente tres riegos por semana. La poda se efectuó a dos tallos con una densidad de población de 2 plantas m<sup>2</sup>.

**Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo previas al establecimiento del estudio.**

**Table 1. Physical and chemical properties of the study prior to establishing ground.**

pH	C.E. (mS cm <sup>-1</sup> )	M.O. (%)	N (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)
8.0	2.5	2.8	81	56	1950	41	6	52

C.E.= conductividad eléctrica; M.O.= materia orgánica.

Se comparó el efecto de la inoculación del hongo micorrízico arbuscular *Rhizophagus intraradices*, micorriza INIFAP(>40 esporas g<sup>-1</sup>), con el testigo, sin inoculante. La inoculación micorrizogénica se realizó con la adición de 1 g planta<sup>-1</sup> del inoculante al momento del trasplante (Montero *et al.*, 2010). En cada tratamiento se utilizaron camas de 4 m de largo (6.4 m<sup>2</sup>), las cuales se repitieron cuatro veces, bajo un diseño de bloques al azar. Durante la floración, se midió la altura de cinco plantas por cama (n= 20) y el índice de clorofila en hojas del tercio superior de la planta, mediante 15 lecturas (n= 60) en unidades SPAD, con un medidor portátil Minolta SPAD-502®.

La producción se obtuvo de seis cortes en estado de fruto rojo en cada cama, iniciados el 30 de noviembre. En cada corte se tomaron 15 frutos por cama (n= 60), de los cuales se midió el diámetro (mm), largo (mm) y peso (g). El rendimiento se estimó de la producción de frutos en las camas y por corte (kg m<sup>-2</sup>), además del acumulado de los seis cortes.

Después del último corte, de cada cama se muestraron cinco plantas, que fueron sacadas con raíz a profundidad aproximada de 30 cm, de las cuales se cuantificó la colonización micorrízica radical (Phillips y Hayman, 1970). La colonización fue en base a la presencia del porcentaje de las estructuras fúngicas dentro de la raíz (McGonigle y Fitter, 1990). Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y se utilizó la probabilidad de significancia para comparar los tratamientos.

Irrigation was performed using a drip irrigation hoses as surface drip lines spaced at 30 cm, with an individual drip 8 LPH. Irrigation was applied when tension-meters indicated centibar and 20 s, approximately three irrigations per week. Pruning is carried out at two stems with a population density of 2 plants m<sup>2</sup>.

The effect of inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi *Rhizophagus intraradices* INIFAP mycorrhizal (> 40 spores g<sup>-1</sup>) was compared, with the control without inoculant. The micorrizogenica inoculation was conducted with the addition of 1 g plant<sup>-1</sup> inoculant at transplant

(Montero *et al.*, 2010). In each treatment beds 4 m long (6.4 m<sup>2</sup>), which were repeated four times, under a randomized block design was used. During flowering, the height was measured five plants per bed (n= 20) and the rate of chlorophyll in leaves of the upper third of the plant, using 15 readings (n= 60) in SPAD units with a handheld meter Minolta SPAD-502®.

The production was obtained from six cuts in a state of red fruit on each bed, beginning on November 30. At each court January 5 fruits per bed (n= were taken 60), which was measured on diameter (mm), length (mm) and weight (g). S performance and estimated production of fruits in the beds and cut (kg m<sup>-2</sup>) plus d accumulated six cuts.

After the last cut, each bed five floors, which were taken with a root depth of about 30 cm, of which the radical mycorrhizal colonization was quantified sampled (Phillips and Hayman, 1970). The settlement was based on the presence of the percentage of fungal structures within the root (Mc Gonigle and Fitter, 1990). The data were subjected to analysis of variance and probability significance was used to compare treatments.

The activity and effectiveness of the symbiosis promoted with inoculation R. intraradices (Micorriza INIFAP) in tomato was manifested in each of the variables evaluated.

La actividad y efectividad de la simbiosis promovida con la inoculación de *R. intraradices* (micorriza INIFAP) en tomate se manifestó en cada una de las variables evaluadas.

**Características de planta.** Los resultados indicaron que *R. intraradices* incrementó significativamente el contenido de clorofila, la altura de planta y la colonización micorrízica radical, comparado con las plantas que no inoculadas. Se observó mayor índice de clorofila ( $p=0.001$ ) mostrado en las plantas de tomate inoculadas, con aumento de 12%, respecto a las plantas testigo. En otros estudios se ha reportado también que la inoculación de HMA en maíz (*Zea mays*) y pimiento (*Capsicum annuum*) incrementó los pigmentos fotosintéticos comparado con testigos no inoculados (Sheng *et al.*, 2008; Díaz *et al.*, 2013), lo cual puede ser debido a que con la actividad simbiótica HMA-planta se obtiene un mejor aprovechamiento de los nutrientos inmóviles del suelo (Clark *et al.*, 1999; Allen *et al.*, 2001).

La altura de planta se incrementó 12% ( $p=0.025$ ) con la micorrización (Cuadro 2). Dentro de los beneficios que aportan los HMA a las plantas está la promoción de su crecimiento mediante actividad fitohormonal (Khalil *et al.*, 1994; Allen *et al.*, 2001). En tomate también se ha observado este fenómeno en plantas inoculadas con HMA (Byrla y Koide, 1998; Terry y Leyva, 2006). Oseni *et al.* (2010) registraron 18% de incremento en la biomasa en plántulas de tomate de 42 días inoculadas con una combinación de *R. intraradices* y *Claroideoglomus etunicatum* (Syn. *Glomus etunicatum*), comparadas con plántulas no inoculadas. Las plantas inoculadas alcanzaron 58% de colonización micorrízica radical, 322% ( $p=0.001$ ) por encima de las plantas sin inoculación (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Influencia de la inoculación micorrízica en tomate (cv. ‘El Cid’) en las características de planta y fruto, bajo condiciones de casa sombra.**

**Table 2. Influence of mycorrhizal inoculation on tomato (cv. ‘El Cid’) in the plant and fruit characteristics under conditions of house shadow.**

Variable	<i>R. intraradices</i>	Testigo	P>F	CV <sup>1</sup>
<b>Características de planta</b>				
Clorofila (SPAD)	41.2 ± 3.3	36.7 ± 2.7	0.001	2.7
Altura de planta (m)	2.48 ± 0.17	2.21 ± 0.21	0.025	5.3
Colonización micorrízica (%)	58.0 ± 5.5	18.0 ± 3.9	0.001	13
<b>Características de fruto</b>				
Largo (mm)	80.4 ± 3.8	74.9 ± 2.0	0.037	8.3
Diámetro (mm)	56.6 ± 2.7	51.2 ± 3.1	0.040	7.7
Peso (g)	142.2 ± 4.6	112.5 ± 4.2	0.01	9.5
Rendimiento/corte (kg m <sup>-2</sup> )	3.6 ± 0.40	2.7 ± 0.32	0.001	8.1

<sup>1</sup>CV= coeficiente de variación.

**Plant traits.** The results indicated that, *R. intraradices* significantly increased chlorophyll content, plant height and root mycorrhizal colonization compared with non-inoculated plant. Higher rate of chlorophyll was observed ( $p=0.001$ ) shown on tomato plants inoculated with a 12% increase, relative to control plants. Other studies have also reported that inoculation of HMA in corn (*Zea mays*) and pepper (*Capsicum annuum*) increased photosynthetic pigments compared with uninoculated controls (Sheng *et al.*, 2008; Díaz *et al.*, 2013), which may be due to the HMA-plant symbiotic activity you get better inm use of soil nutrients obiles (Clark *et al.*, 1999; Allen *et al.*, 2001).

Plant height increased 12% ( $p=0.025$ ) with mycorrhizae (Table 2). Among the benefits provided by AMF to plants is promoting growth through phyto-hormonal activity (Khalil *et al.*, 1994; Allen *et al.*, 2001). In tomato has also been observed the phenomenon in plants inoculated with HMA (Byrla and Koide, 1998; Terry and Leyva, 2006) plants. Oseni *et al.* (2010) recorded 18% increase in biomass in tomato seedlings inoculated 42 days with a combination of *R. intraradices* and *Claroideoglomus etunicatum* (Syn. *Glomus etunicatum*) compared with non-inoculated seedlings. Inoculated plants reached 58% of radical mycorrhizal colonization, 322% ( $p=0.001$ ) above without inoculation plants (Table 2).

**Fruit characteristics and yield.** Also, inoculation of *R. intraradices* promoted the larger and fruit weight. The inoculant increased ( $p=0.037$ ) 5.5 mm fruit length relative to the control, in diameter ( $p=0.040$ ) was 5.4 mm in weight ( $p=0.01$ ) the increase was 29.7 g<sup>-1</sup> fruit, fruit yield and shear ( $p=0.001$ ) was 0.9 kg m<sup>-2</sup> (T able 2).

**Características de fruto y rendimiento.** Igualmente la inoculación de *R. intraradices* promovió el mayor tamaño y peso de fruto. El inoculante aumentó ( $p=0.037$ ) en 5.5 mm la longitud del fruto con relación al testigo; en el diámetro ( $p=0.040$ ) fue de 5.4 mm; en el peso ( $p=0.01$ ) el incremento fue de 29.7 g fruto $^{-1}$ ; y el rendimiento de fruto por corte ( $p=0.001$ ) fue de 0.9 kg m $^{-2}$  (Cuadro 2).

El rendimiento de fruto acumulado indicó que el hongo micorrízico incrementó ( $p=0.009$ ) 30% la producción, con un diferencial de 5.06 kg m $^{-2}$  (21.6 vs. 16.5 kg m $^{-2}$ ) con respecto al testigo (Figura 1). De la misma forma, Al-Karaki (2006) y Desgan *et al.* (2008) observaron en invernadero incrementos de 19 a 29% en el rendimiento de fruto de tomate cuando las plantas se inocularon con los HMA *Funneliformis mosseae* y *Rhizophagus fasciculatus*, respectivamente. Es importante destacar que no obstante las condiciones de alta fertilización implementadas para atender las necesidades nutrimentales del cultivo a través del fertiriego, la simbiosis micorrízica demostró los beneficios que aporta tanto en la nutrición de la planta como en una mayor productividad de tomate. Otros estudios han demostrado, en especies ornamentales (Davies *et al.*, 2000) y en fresa (Stewart *et al.*, 2005), mayor productividad con *R. intraradices*, bajo un manejo con alta fertilidad, inclusive P. Por lo que la inoculación micorrízica representa un componente biotecnológico que puede ser adicionado dentro de las prácticas de producción hortícola en agricultura protegida.

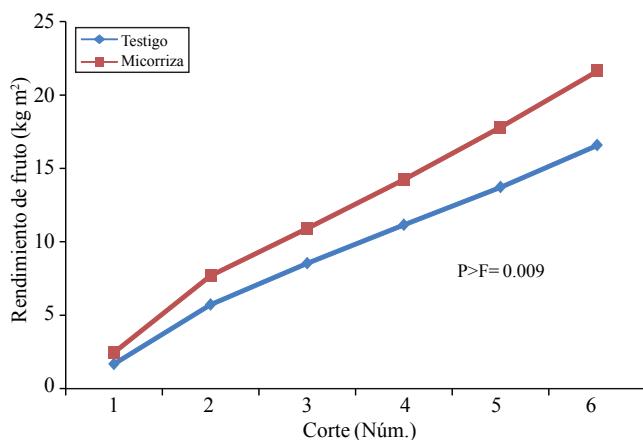
## Conclusiones

La inoculación del hongo micorrízico *R. intraradices* a plantas de tomate, bajo un sistema de fertiriego y en condiciones de casa sombra, incrementó el contenido de clorofila, altura de planta y la colonización micorrízica. El mismo inoculante fue capaz de promover una mejor calidad del fruto, aumentó los valores de longitud, diámetro y peso de fruto, comparado con plantas no inoculadas. Lo anterior se manifestó con un incremento de 30% en la producción acumulada de fruto.

## Literatura citada

Al-Karaki, G. N. 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Sci. Hort. 109:1-7.

The cumulative fruit yield indicated that mycorrhizal fungi increased ( $p= 0.009$ ) production by 30%, with a spread of 5.06 kg m $^{-2}$  (21.6 vs. 16.5 kg m $^{-2}$ ) compared with the control (Figure 1). Likewise, Al-Karaki (2006) and Desgan *et al.* (2008) observed in gases increases from 19 to 29% in the yield of tomato fruit when plants were inoculated with AMF *Funneliformis mosseae* and *Rhizophagus fasciculatus* respectively. Importantly however the conditions of high fertilization implemented to meet the nutritional needs of the crop through irrigation, mycorrhizal symbiosis demonstrated the benefits of both plant nutrition and increased productivity of tomato. Additional studies have shown, in ornamental species (Davies *et al.*, 2000) and strawberry (Stewart *et al.*, 2005), increased productivity with *R. intraradices* under a high fertility management, including P. As mycorrhizal inoculation represents a biotech component that can be added within the practices of horticultural production in protected agriculture.



**Figura 1. Rendimiento acumulado de fruto de tomate 'El Cid' con o sin la inoculación de *R. intraradices* y producido en casa sombra.**

**Figure 1. Cumulative fruit yield of tomato 'El Cid' with or without inoculation of *R. intraradices* and produced in house shade.**

## Conclusions

The inoculation of mycorrhizal fungi *R. intraradices* on tomato plants under a system ferti-irrigation and in house conditions shade, increment or chlorophyll content, plant height and mycorrhizal colonization. The same inoculum was able to promote better fruit quality, to UMENT

- Allen, B. L.; Jolley, V. D.; Robbins, C. W. and Freeborne, L. L. 2001. Fallow versus wheat cropping of unamended and manure-amended soils related to mycorrhizal colonization, yield and plant nutrition of dry bean and sweet corn. *J. Plant Nutr.* 24:921-943.
- Azcón, A. C. and Baera, J. M. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture significance and potentials. *Sic. Hort.* 68:1-24.
- Bryla, R. D. and Koide, R. T. 1998. Mycorrhizal response of two tomato genotypes relates to their ability to acquire and utilize phosphorus. *Ann. Bot.* 82:849-857.
- Carpio, A. L.; Davies, F. T. and Arnold, M. A. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi, organic and inorganic controlled-release fertilizers: effect on growth and leachate of container-grown bush morning glory (*Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*) under high production temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130:131-139.
- Castellanos, Z. J. 2004. Manual de producción hortícola en invernadero. 2<sup>a</sup> (Ed.). INTAGRI, S. C. México. 469 p.
- Corkidi, L.; Allen, E. B.; Merhaut, D.; Allen, M. F.; Downer, J.; Bohn, J. and Evans, M. 2004. Assessing the infectivity of commercial mycorrhizal inoculants in plant nursery conditions. *J. Environ. Hort.* 22:149-154.
- Clark, R. B.; Zobel, R. W. and Zeto, S. K. 1999. Effects of mycorrhizal fungi isolates on mineral acquisition by *Panicum virgatum* in acidic soil. *Mycorrhiza* 9:167-176.
- Davies, F. T.; Saraiva, G. J. A.; Carpio, L. and Estrada, L. A. A. 2000. Colonization and growth effects of the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in a commercial nursery container production system. *J. Environ. Hort.* 18:247-251.
- Davies, F. T.; Olalde, P. V.; Aguilera, G. L.; Alvarado, M. J.; Ferrera, C. R. and Boutton, T. W. 2002. Alleviation of drought stress of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L.) with arbuscular mycorrhiza indigenous to Mexico. *Sci. Hort.* 92:347-359.
- Desgan, Y. H.; Kusvaran, S. and Ortas, I. 2008. Responses of soilless grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal (*Glomus fasciculatum*) colonization in re-cycling and open systems. *Afr. J. Biotech.* 7:3606-3613.
- Díaz F. A.; Alvarado, C. M.; Ortiz C. F. y Grageda, C. O. 2013. Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 4:315-321.
- Graham, J. H. 2001. What do root pathogens see in mycorrhizas? *New Phytol.* 149:357-359.
- Ikiz, O. K.; Abak, H. D.; Desgan, Y. H. and Ortas, I. 2009. Effects of mycorrhizal inoculation in soilless culture on pepper plant growth. *Acta Hort.* 807:533-540.
- Jeffries, P.; Gianinazzi, S.; Perotto, S.; Turnau, K. and Baera, J. M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol. Fert. Soil* 37:1-16.
- Khalil, S.; Loynachan, T. and Tabatabai, M. 1994. Mycorrhizal dependency and nutrient-uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. *Agron. J.* 86:949-958.
- McGonigle, T. P. and Fitter, A. H. 1990. Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations. *Mycol. Res.* 94:120-122.
- values length, diameter and fruit weight compared to non-inoculated plants. This was manifested by an increase of 30% in cumulative fruit production.
- End of the English version*
- 
- Montero, L.; Duarte, C.; Cun, R.; Cabrera J. A. y González, P. J. 2010. Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum*) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Trop.* 31:11-14.
- Moreno, R.A.; Aguilar, D. J. y Luévano, G. A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Rev. Mex. Agron.* 29:763-774.
- Oseni, T. O.; Shongwe, N. S. and Masarirambi, M. T. 2010. Effect of arbuscular mycorrhiza (AM) inoculation on the performance of tomato nursery seedlings in vermiculite. *Int. J. Agr. Biol.* 12:789-792.
- Philips, J. M. and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55:158-160.
- Rabie, G. H. 2005. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and kinetin on the response of mungbean plants to irrigation with seawater. *Mycorrhiza* 15:225-230.
- Rodríguez, Y.; Noval, P. B.; Fernández, M. F. y Rodríguez, H. P. 2004. Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrízicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum*). *Ecol. Aplic.* 3:162-171.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Agricultura protegida 2012. [www.sagarpa.gob.mx/agricultura/paginas/agriculturaprotegida/2012](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/paginas/agriculturaprotegida/2012).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana, NOM-021-SEMARNAT, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. *Diario Oficial*. 31 de diciembre. 1-75 pp.
- Sheng, M.; Tang, M.; Chen, H.; Yang, B.; Zhang, F. and Huang, Y. 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza* 18:281-286.
- Smith, S. E. and Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3<sup>th</sup>. (Ed.). Academic Press. London.
- Stewart, L. I.; Hamel, C.; Hegue, R. and Montoglis, P. 2005. Response of strawberry to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi under very high soil phosphorus conditions. *Mycorrhiza* 15:612-619.
- Tahat, M. M.; Sijam, K. and Othman, R. 2010. Mycorrhizal fungi as a biocontrol agent. *Plant Pathology J.* 9:198-207.
- Terry, A. E. y Leyva, G. A. 2006. Evaluación agrobiológica de la inoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. *Agronom. Costarricense* 30:65-73.
- Vosatka, M.; Jansa, J.; Regvar, M.; Sramek, F. and Malcom, R. 1999. Inoculation with mycorrhizal fungi a feasible biotechnology for horticulture. *Ann. Rev. Bot.* 39:219-224.