



Revista Fitotecnia Mexicana

ISSN: 0187-7380

revfitotecniamex@gmail.com

Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.

México

Alvarado Carrillo, Manuel; Díaz Franco, Arturo; Garza Cano, Idalia
Micorrización de okra (*abelmoschus esculentus* L.) en riego por goteo
Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 30, núm. 4, 2007, pp. 437-441
Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61030411>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

MICORRIZACIÓN DE OKRA (*ABELMOSCHUS ESCULENTUS* L.) EN RIEGO POR GOTEOOKRA (*ABELMOSCHUS ESCULENTUS* L.) MYCORRHIZATION UNDER DRIP IRRIGATION

Manuel Alvarado Carrillo, Arturo Díaz Franco* e Idalia Garza Cano

Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 61 Carr. Matamoros-Reynosa. Apdo. Postal 172. 88900, Río Bravo, Tam., México.

*Autor para correspondencia (diaz.arturo@inifap.gob.mx)

RESUMEN

Se estudió el efecto del hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Glomus intraradices* en la productividad de okra (*Abelmoschus esculentus* L.) var. 'Clemson Spineless' en condiciones semiáridas y bajo un sistema de riego por goteo. En 2002 y 2003 se comparó la altura de planta (AP), colonización micorrízica (CM) y el rendimiento comercial de fruto (RFC), en plantas originadas de semillas, con o sin la inoculación micorrízica. En 2003 el riego fue con agua con alta concentración de sales (conductividad eléctrica de 3000 mS cm⁻¹). En 2004 se evaluó el índice de clorofila (IC), la AP y el RFC, en plantas de okra de los tratamientos: semilla inoculada con el HMA, con fertilización química (120N-50P-00K), con la combinación del HMA en semilla más 50 % de la fertilización química y el testigo. En 2002 y 2003 se registraron incrementos significativos del HMA en CM y RFC, con relación al testigo. Con agua de riego salina en 2003, se observaron mayores valores de CM y RFC cuando se inoculó con *G. intraradices*. En 2004 los tratamientos no influyeron significativamente en IC ni en AP; no obstante, en RFC los tratamientos HMA, fertilización química y HMA más 50 % de fertilización, superaron al testigo. Los resultados muestran que *G. intraradices* aumentó el RFC de okra durante los tres años en el sistema de riego por goteo. El efecto benéfico de la simbiosis con el HMA como promotor del rendimiento de fruto de okra, combinado con el sistema de riego por goteo, pueden representar un manejo de producción eficiente para regiones semiáridas.

Palabras clave: *Abelmoschus esculentus*, *Glomus intraradices*, colonización micorrízica, rendimiento de fruto.

SUMMARY

The effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) *Glomus intraradices* on okra (*Abelmoschus esculentus* L.) var. 'Clemson Spineless' productivity was studied under semiarid conditions, and a drip irrigation system. In 2002 and 2003, plant height (PLH), mycorrhizal colonization (MC), and fruit commercial yield (FCY) were compared in plants coming from okra seeds inoculated and none inoculated with AMF. In 2003 irrigation was applied with saline water (electrical conductivity of 3000 mS cm⁻¹). In 2004, leaf chlorophyll index (CHI), PLH and FCY, were evaluated among treatments: AMF inoculated seed, chemical fertilization (120N-50P-00K), AMF inoculated seed + half of chemical fertilization and control. In 2002 and 2003, inoculation with AMF increased significantly both MC and FCY, compared

to the control. *G. intraradices* inoculation caused significant increases on MC and FCY of okra plant irrigated with saline water. In 2004, CHI and PLH were not significantly different among treatments; however, FCY was higher in treatments AMF, chemical fertilization and AMF + half of chemical fertilization, compared to the control. These results show that *G. intraradices* increased significantly okra FCY during the three years, under a drip irrigation system. The beneficial effect of AMF symbiosis promoting okra fruit yield, combined with drip irrigation, could be an efficient production management system for semiarid areas.

Index words: *Abelmoschus esculentus*, *Glomus intraradices*, arbuscular mycorrhizal colonization, fruit yield.

INTRODUCCIÓN

La okra (*Abelmoschus esculentus* L.), conocida también como 'bombó', es una malvácea anual cultivada como hortaliza y adaptada a climas tropicales y subtropicales (Aguilar y Mayberry, 1998; Díaz *et al.*, 2001). En México la principal área de producción es el norte de Tamaulipas, con una superficie anual de hasta cinco mil hectáreas. El cultivo es generador de divisas ya que toda la producción de fruto fresco se exporta hacia Estados Unidos, principalmente, y a través de contratos. Su explotación requiere de una intensiva mano de obra por sus largos periodos de cosecha (Díaz *et al.*, 2001).

En el manejo agronómico tradicional de la okra, el riego se aplica por gravedad y, según la fecha de siembra, requiere al menos tres riegos de auxilio (Alvarado, 1995). Sin embargo, un problema mundial generalizado es la escasez de agua. Particularmente, la región semiárida del norte de Tamaulipas ha enfrentado durante más de una década una crisis de falta de agua debido a un largo periodo de sequía y, por consecuencia, una baja captación en las presas. Por ello es necesario adoptar medidas operativas y tecnológicas que permitan un mejor aprovechamiento de ese recurso (Salinas *et al.*, 2006). El deficiente manejo del

agua en la okra obliga a implementar tecnologías de producción alternativas, como es el sistema de riego por goteo para áreas pequeñas (aprox. 5 ha) y de bajo costo, comparativamente con los sistemas comerciales sofisticados. Esta tecnología permite el ahorro de hasta 50 % de agua y un aumento de 30 % en la productividad, comparado con el manejo de irrigación tradicional (Alvarado y Morales, 2002; Arellano *et al.*, 2004).

La simbiosis con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) puede constituir un componente biotecnológico importante para el incremento de la productividad hortícola (Kaya *et al.*, 2003; Vosatka *et al.*, 1999; Sharma y Adholeya, 2000). Entre los beneficios que aporta la simbiosis HMA-planta hospedante, están: promoción del crecimiento y mayor nutrición mineral de la planta (Allen *et al.*, 2001; Khalil *et al.*, 1994); y tolerancia a patógenos del suelo (Khalil *et al.*, 1998; Graham, 2001) y a condiciones abióticas adversas, como sequía (Augé, 2004; Kaya *et al.*, 2003), heladas (El-Tohamy *et al.*, 1999) y salinidad (Al-Karaki, 2006; Copeman *et al.*, 1996). Por tanto, la micorrización representa una práctica que debe ser incorporada en los sistemas de agricultura sostenible (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2004; Díaz *et al.*, 2006).

Al respecto, Al-Karaki *et al.* (2004) señalan que hay insuficiente información sobre la respuesta de la inoculación micorrízica en el crecimiento y la productividad de cultivos en suelo no esterilizado, especialmente en condiciones de campo, donde el HMA introducido debe competir con las poblaciones nativas de HMA y demostrar su efectividad. En okra no existen precedentes sobre la efectividad de la micorrización arbuscular. Por ello, el objetivo del estudio fue conocer la respuesta de la okra a la inoculación de HMA, dentro de un manejo de riego por goteo para áreas pequeñas, en condiciones semiáridas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se condujeron durante 2002 a 2004 en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (25° 57' L N, 98° 01' LO; 25 msnm), en Río Bravo, Tamaulipas, México. Las características del suelo fueron: textura arcillosa (35 % arena, 20 % limo, 45 % arcilla), pH 7.8 (1:2 suelo/agua), materia orgánica de 2.1 % (oxidación con dicromato de potasio), nitrógeno 33 mg kg⁻¹ (reducción de cadmio), fósforo 18 mg kg⁻¹ (método Olsen) y postasio 433 mg kg⁻¹ (método de cobaltónitrito). El sistema de riego por goteo utilizado fue el descrito por Arellano *et al.* (2004), cuya cintilla (calibre 8000) se ubicó al centro de la cama a una profundidad de 10 a 20 cm, y se operó a una presión de 0.56-0.70 kg cm⁻¹, la cual se reguló con manómetros antes y después de un sistema

de filtros. Los riegos se aplicaron según las mediciones de los tensiómetros; el sistema de inyección del fertilizante fue a través de vénturi, y la fertilización química mediante solución nutritiva consistió de 120N-50P-00K (Díaz *et al.*, 1999).

Experimentos en 2002 y 2003. En ambos años se utilizó la variedad de okra 'Clemson Spineless', cuya siembra fue a mediados de marzo (conocida localmente como fecha "temprana"), de forma manual y a una profundidad aproximada de 5 cm. Cuando las plantas alcanzaron 18-20 cm, la densidad de siembra se ajustó a unas 50 000 plantas/ha. En este estudio se utilizó la cepa regional del HMA *Glomus intraradices* Schenck & Smith, proporcionada por la Dra. María Peña del Río del Campo Experimental General Terán (INIFAP) y multiplicada en sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] como cultivo hospedante. El inoculante micorrízico consistió de una mezcla de suelo y raíces, con ≥ 200 esporas/g.

Los tratamientos evaluados fueron: a) Semilla inoculada con *G. intraradices*, a razón de 1 kg del inoculante micorrízico por 6 kg de semilla, que es la usada para 1 ha, mezcla hecha con 60 mL de carboxi-metil-celulosa como adherente y 600 mL de agua; y b) Testigo sin el HMA. Los tratamientos se establecieron en franjas apareadas, cada una de dos surcos espaciados a 0.85 m y de 30 m de longitud, y divididas por un surco intermedio. La fertilización química (120N-50P-00K) se aplicó en la solución nutritiva y en ambos tratamientos, a través del sistema de riego por goteo. En 2002 el agua de riego utilizada fue la del canal de riego, con una conductividad eléctrica (CE) de 1400 mS cm⁻¹. En 2003 y debido a la crisis por escasez de agua, la Comisión Nacional del Agua prohibió su uso para propósitos agropecuarios, por lo que en este caso fue sustituida por agua de subsuelo (pozo) con una alta concentración de sales (CE de 3000 mS cm⁻¹).

Experimento en 2004. Este ensayo se estableció en fecha de siembra "tardía", el 20 de abril. La variedad de okra, el método y la densidad de siembra fueron los mismos que en los años anteriores. Los tratamientos considerados fueron: a) Semilla inoculada con *G. intraradices*, con el procedimiento indicado anteriormente; b) Fertilización química 120N-50P-00K; c) Combinación de la inoculación de semilla con *G. intraradices* más la mitad de la dosis de fertilización química (60N-25P-00K); y d) Testigo absoluto. Las parcelas consistieron de cuatro surcos espaciados a 0.85 m y de 5 m de longitud. El agua de riego en este experimento fue obtenida de canal de riego. El sistema de riego fue el mismo utilizado en los años anteriores, excepto que la fertilización química, consistente de urea y superfosfato de calcio triple para nitrógeno y fósforo, se incorporó lateralmente en el surco al momento de la

siembra en las parcelas respectivas. La mitad del nitrógeno se aplicó al momento de la siembra y la otra mitad durante la segunda semana de cosecha (Díaz *et al.*, 1999).

En todos los casos se midió la altura de planta, debido a la importancia que tiene durante la cosecha (Díaz *et al.*, 2003), así como el rendimiento comercial de fruto de okra. En los experimentos de 2002 y 2003 también se cuantificó la colonización micorrízica radical. En 2004 se estimó el índice de clorofila.

En el estado de madurez fisiológica se midió la altura de 40 plantas en 2002 y 2003, y de cinco plantas en 2004, en ambos años tomadas al azar en cada parcela. En ese mismo estado de desarrollo y con igual número de plantas, se midió el porcentaje de colonización micorrízica radical. Las plantas se sacaron con una pala que permitió excavar el volumen de suelo debajo de la planta. Las raíces se lavaron, se cortaron en fragmentos de 1 a 1.5 cm, se mezclaron y se tomaron submuestras de 1 g. Para estimar la colonización micorrízica se siguió la técnica de aclareo con 10 % de KOH y tinción con 0.03% de azul tripano, según Phillips y Hayman (1970). El índice (unidades) de clorofila en 2004 se midió al inicio de la floración (30 de junio) y en la cuarta semana de cosecha (29 de julio), mediante el medidor portátil Minolta SPAD 502; se hicieron 20 lecturas aleatorias por parcela, obtenidas de las hojas correspondientes al tercio superior de la planta. El rendimiento de fruto comercial, ≈ 12.5 cm de longitud, se obtuvo de tres cortes semanales (Aguar y Mayberry, 1998; Díaz *et al.*, 2003), los cuales se iniciaron a los 60, 62 y 75 d después de la siembra en 2002, 2003 y 2004, respectivamente. En 2002 y 2003 el rendimiento se cuantificó en toda la parcela, mientras que en 2004 se midió en los dos surcos centrales de cada parcela. El número total de cortes (cosecha) en cada experimento varió en función al periodo reproductivo del cultivo.

Las variables en los experimentos de 2002 y 2003 se analizaron como franjas (parcelas) apareadas (t , $P \leq 0.05$). En 2004 los tratamientos se distribuyeron conforme al diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los datos se sometieron a análisis de varianza, y para la comparación entre medias se utilizó Tukey ($P \leq 0.05$), a través del programa Statgraphics Plus (Manugistics, Inc., 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimentos en 2002 y 2003. La inoculación micorrízica de la okra elevó significativamente ($P \leq 0.05$) el rendimiento acumulado de fruto en ambos años, con el sistema de riego por goteo para áreas pequeñas. En 2002 el número total de cortes fueron 16 y el tratamiento con el HMA *G. intraradices* aumentó el rendimiento en 2990 kg

ha^{-1} , comparado con el testigo. En 2003, con un total de 12 cortes, el HMA superó al testigo con 2120 kg ha^{-1} (Figura 1). En los dos años la micorrización no influyó significativamente en la altura de planta, pero el porcentaje de colonización micorrízica fue superior en el tratamiento inoculado con el HMA (Cuadro 1).

Si bien los factores ambientales que pueden influir en la respuesta de la okra de un año a otro son múltiples, un factor determinante en 2003 fue el uso de agua de subsuelo con alto contenido de sales. Comparativamente con el año 2002 en el que se usó agua con bajas sales, resultó evidente que en 2003 hubo una reducción en el periodo reproductivo (número de cortes), el rendimiento de fruto, la altura de planta y la colonización micorrízica. A pesar de ello, hubo un impacto benéfico de la micorriza arbuscular en el rendimiento de fruto en la condición de estrés salino (Figura 1; Cuadro 1). Se ha reportado que la okra es un cultivo sensible a la salinidad (Duke y duCellier, 1993), sensibilidad que podría estar asociada con la menor producción y altura de planta cuando se utilizó agua salina en 2003. El contenido de sales en las aguas de los Distritos de Riego del norte de Tamaulipas fluctúa de 1000 a 1500 mS cm^{-1} , mientras que en las aguas de pozos profundos va de 1500 a más de 8000 mS cm^{-1} (Garza *et al.*, 2006).

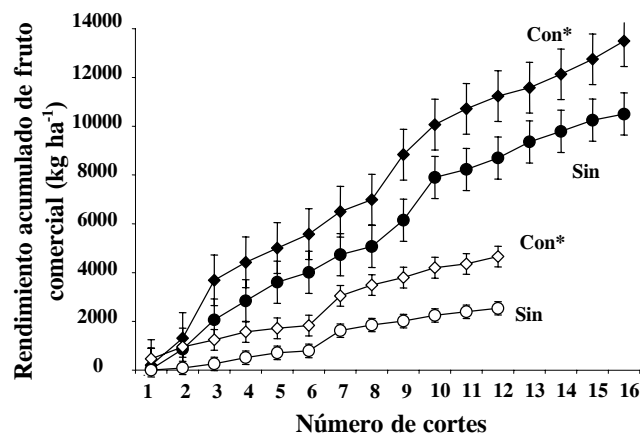


Figura 1. Rendimiento acumulado de fruto comercial de okra con o sin la inoculación del hongo micorrízico arbuscular (HMA) *G. intraradices*, en 2002 (en negro) y 2003 (en blanco). *Denota rendimiento significativo con relación al tratamiento sin HMA (t , $P < 0.05$).

La protección de las plantas que ofrece la simbiosis de los HMA contra los efectos detrimentales del agua salina, se ha demostrado en cultivos como tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y frijol mungo [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] irrigados con agua salina (Al-Karaki, 2006; Rabie, 2005). No está claro el mecanismo por el cual la simbiosis HMA-planta se ve beneficiada bajo este fenómeno. El promedio de colonización micorrízica fue numéricamente mayor en 2002 (52 %) que en 2003 (36 %) (Cuadro 1).

Al-Karaki (2006) también reportó que la colonización micorrízica fue menor en el tratamiento con agua salina, mientras que Rabie (2005) encontró resultados opuestos.

Cuadro 1. Altura de planta y colonización micorrízica radical de okra var. 'Clemson Spineless' con o sin la inoculación de *G. intraradices*. Río Bravo, Tam., 2002 y 2003.

Año	<i>G. intraradices</i>	Altura de planta (cm)	Colonización micorrízica (%)
2002	Con	139	62
	Sin	134	39
		ns	*
2003	Con	111	44
	Sin	107	28
		ns	*

ns, * No significativo y significativo (t, $P \leq 0.05$), respectivamente.

Experimento en 2004. Los tratamientos influyeron solamente en el rendimiento comercial de fruto de okra. El índice de clorofila y la altura de planta exhibieron similitud entre los tratamientos. En otros estudios se ha reportado que la inoculación con HMA en sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] incrementó el crecimiento y los pigmentos fotosintéticos comparado con el sorgo no inoculado (Andel y Mohamedin, 2000). El rendimiento de fruto obtenido en 10 semanas de cosecha (30 cortes), fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) que el testigo, con la inoculación de *G. intraradices*, la fertilización química, así como con la combinación de ambos tratamientos con la mitad del fertilizante (Cuadro 2). Es importante destacar que la fecha de siembra de este experimento comprendida de abril a mayo, está considerada como "tardía", por lo que en este periodo el desarrollo del cultivo de okra en el norte de Tamaulipas está influenciado por el fotoperiodo (Díaz *et al.*, 2003). Por esa razón y en comparación con las siembras "tempranas" (de febrero a marzo) en 2002 y 2003, se observó un retraso para iniciar la cosecha (75 d después de la siembra), así como en el número de cortes o periodo reproductivo.

Cuadro 2. Índice de clorofila, altura de planta y rendimiento de fruto comercial de okra var. 'Clemson Spineless', asociados a la fertilización química o inoculación micorrízica. Río Bravo, Tam. 2004.

Tratamiento	Índice de clorofila (unidades SPAD)		Altura de planta (cm)	Rendimiento total de fruto (kg ha ⁻¹) [§]
	Floración	4ª semana de cosecha		
120-50-00 (FQ)	30.4	31.3	141	8418 a [§]
<i>G. intraradices</i> (M)	29.6	31.0	139	8223 a
M + 50 % FQ	29.3	30.7	138	8149 a
Testigo	29.2	30.9	138	7201 b
Significancia	ns	ns	ns	*
CV (%)	6.0	5.2	7.4	11.0

[§] Rendimiento de 30 cortes.

[§] Valores seguidos de la misma letra en una columna, son estadísticamente semejantes (Tukey, 0.05). C V = Coeficiente de Variación.

ns * No significativo y significativo, a nivel de $P \leq 0.05$.

La micorrización de la okra igualó el rendimiento de fruto comercial con el obtenido de las parcelas con fertilización química. Esta respuesta no sólo tiene un impacto favorable en el aumento de la rentabilidad de la producción, sino que al reducir o sustituir la fertilización química se abate la contaminación de suelo y agua. En otros cultivos también se ha demostrado en campo la similitud en productividad entre la inoculación con HMA y la fertilización química (Díaz *et al.*, 2005; Irizar *et al.*, 2003).

En este estudio se demostró que la inoculación de la semilla de okra con *G. intraradices* promovió el rendimiento de fruto comercial en los tres años de evaluación, dentro de un manejo con riego por goteo. El incremento de la producción de okra podría explicarse por lo citado en otras especies, donde el efecto benéfico de la micorrización por HMA se debe, entre otros factores, a un mayor aprovechamiento de los nutrientes inmóviles del suelo, como fósforo, zinc y cobre (Allen *et al.*, 2001; Clark *et al.*, 1999; Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2004; Plascencia *et al.*, 1997). Es decir, la micorriza arbuscular puede representar una biotecnología viable para la producción hortícola (Kaya *et al.*, 2003; Vosatka *et al.*, 1999; Sharma y Adholeya, 2000), y representaría un componente importante para un esquema de producción orgánica de hortalizas.

El efecto benéfico de la simbiosis por el HMA como promotor de rendimiento de okra, aunado a un manejo eficiente en el aprovechamiento de agua y de mayor productividad, como es el uso del sistema de riego por goteo para áreas pequeñas y de bajo costo (Alvarado y Morales, 2002; Arellano *et al.*, 2004), puede constituir un manejo alternativo de producción para regiones semiáridas, como el norte de Tamaulipas.

CONCLUSIONES

La semilla de okra inoculada con *G. intraradices* produjo incrementos significativos en la colonización micorrízica en 2002 y 2003 y en el rendimiento de fruto en los tres años de evaluación. Aún con el riego con agua salina (CE de 3000 mS cm⁻¹), en el que se observaron decrementos en el número de cortes, altura de planta, colonización micorrízica y rendimiento de fruto, se logró mayor colonización micorrízica y mayor rendimiento de fruto mediante la inoculación de *G. intraradices*, en comparación con el testigo sin inocular. Tanto la inoculación micorrízica como la fertilización química elevaron significativamente el rendimiento de fruto, comparado con el testigo sin inocular y sin fertilizar.

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo financiero de la Fundación Produce Tamaulipas, A. C. y del Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal, del norte de Tamaulipas. A Raúl Ortiz Hernández y Francisco García Martínez[†], por su colaboración en los trabajos de campo. Al Dr. Luis Rodríguez del Bosque, por la revisión del escrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel F G, A H Mohamedin (2000) Interactions between a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and *Streptomyces* and their effects on sorghum plants. *Biol. Fert. Soils* 32:401-409.
- Aguiar J L, K S Mayberry (1998) Okra Production in California. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Publ. 7210.
- 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.
- Al-Karaki G N, B McMichael, J Zak (2004) Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza* 14:263-269.
- Allen B L, V D Jolley, C W Robbins, L L Freeborne (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.
- Alvarado C M (1995) Los riegos y la densidad de plantas en la producción de okra. In: I Reunión Sobre Resultados y Avances de Investigación en Okra. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Memoria Técnica No. 1. Río Bravo, Tam., México. pp:23-27.
- Alvarado C M, J Morales B (2002) Sistema de Fertilización para Áreas Pequeñas. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Publ. Especial No. 25. Río Bravo, Tam., México. pp:38-40.
- Arellano G M, J Pinales Q, J Silva C (2004) Sistema de Riego por Cintilla en Pequeñas Superficies: Estrategia para su instalación a bajo costo. Campo Experimental Anáhuac, INIFAP. Folleto Técnico No. 1. Anáhuac, N. L., México. 25 p.
- Augé R M (2004) Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Can. J. Soil Sci.* 84:373-381.
- Clark R B, R W Zobel, S K Zeto (1999) Effects of mycorrhizal fungus isolates on mineral acquisition by *Panicum virgatum* in acidic soil. *Mycorrhiza* 9:167-176.
- Copeman R H, C A Martin, J C Stutz (1996) Tomato growth in response to salinity and mycorrhizal fungi from saline or nonsaline soils. *HortScience* 31:341-344.
- Díaz F A, M Alvarado C, M Cantú A, I Garza C (2005) Fertilización biológica y producción de maíz en la región semiárida del norte de Tamaulipas, México. *Agric. Téc. Méx.* 31:153-163.
- Díaz F A, A Ortegon M, M Alvarado C (1999) Guía para la Producción de Okra en el Norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Desplegable No. 22 (2a. ed). Río Bravo, Tam., México.
- Díaz F A, A Ortegon M, I Garza C (2006) Biofertilización del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en condiciones limitadas de humedad en el suelo. *Rev. Fitotec. Mex.* 29: 175-180.
- Díaz F A, A Ortegon M, E Garza C, A Ramírez L (2003) Producción de okra (*Abelmoschus esculentus*) en siembra tardía. *Cienc. Tecnol. Alim.* 4:28-34.
- Díaz F A, A Ortegon M, J Ramírez L, E Garza C (2001) La okra (*Abelmoschus esculentus*) un cultivo destinado a la exportación. *Biotam* 12:19-26.
- Duke J, J duCellier (1993) Handbook of Alternative Cash Crops. CRC Press. USA. 562 p.
- El-Tohamy W, W Schnitzler, U El-Behairy (1999) Effect of VA mycorrhiza on improving drought and chilling tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Appl. Bot.* 73:178-183.
- Ferrera-Cerrato R, A Alarcón (2004) Biotecnología de los hongos micorrizicos arbusculares. In: Memoria Simposio de Biofertilización. A Díaz F, P M Mayek, A Mendoza, M N Maldonado (eds). Campo Experimental Río Bravo, INIFAP y Centro de Biotecnología Genómica, IPN. Río Bravo, Tam., México. pp:1-9.
- Garza C I, J Loera G, J Ramírez L (2006) Salinidad del agua subterránea para uso agrícola en el norte de Tamaulipas. In: Memoria Reunión Científica, Agropecuaria y Forestal en Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Río Bravo, Tam., México. pp:111-112.
- Graham J H (2001) What do root pathogens see in mycorrhizas? *New Phytol.* 149:357-359.
- Irizar G M, P Vargas, D Garza, C Tut, M Rojas, A Trujillo, R García, D Aguirre, J Martínez, S Alvarado, O Grageda, J Valero, J Aguirre (2003) Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agric. Téc. Méx.* 29:213-225.
- Kaya C, D Higgs, H Kirnak, I Tas (2003) Mycorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus*) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant Soil* 253:287-292.
- Khalil G, R García E, R Ferrera-Cerrato, L Aguilar A, S M Larqué (1998) La micorriza y materia orgánica como componentes del control biológico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOLR3) en tomate. *Rev. Mex. Fitopatol.* 16:79-83.
- Khalil S, T Loynachan, M Tabatabai (1994) Mycorrhizal dependency and nutrient-uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. *Agron. J.* 86:949-958.
- Manugistic, Inc (1997) Statgraphics Plus. Version 3.1. Rockville, MD.
- Phillips J M, D S Hayman (1970) Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- Plascencia E O, J Francisca J, H Vargas, R Ferrera-Cerrato, V A González H (1997) Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal on growth and biomass allocation of eucalyptus seedlings. *Terra* 15:7-14.
- Rabie G H (2005) Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and kinetin on the response of mugbean plants to irrigation with seawater. *Mycorrhiza* 15:225-230.
- Salinas G R, M Alvarado C, R Sánchez C (2006) Suelo y agua. In: L Rodríguez del Bosque (ed). Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de Investigación Agropecuaria en el Norte de Tamaulipas, Historia, Logros y Retos. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Libro Técnico No. 1. Río Bravo, Tam., México. pp:147-162.
- Sharma M P, A Adholeya (2000) Enhanced growth and productivity following inoculation with indigenous AM fungi in four varieties of onion (*Allium cepa* L.) in an alfisol. *Biol. Agr. Hort.* 18:1-14.
- Vosatka M, J Jansa, M Regvar, F Sramek, R Malcoma (1999) Inoculation with mycorrhizal fungi a feasible biotechnology for horticulture. *Annu. Rev. Bot.* 39:219-224.