

Respuesta a la inoculación de *Glomus intraradix*, materia orgánica y dosis de fertilización fosfatada en el crecimiento de mezquite (*Prosopis sp.*)

Dr. Abdul Khalil Gardezi - Hidrociencias, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, kabdul@colpos.mx

Dr. E. Ojeda Trejo - Edafología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, enriqueot@colpos.mx

Ing. Agr. Habibshah Gardezi - Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, habibshah_mut@yahoo.com

Dr. Sergio R. Márquez Berber - Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, sermarber@gmail.com

Las micorrizas potencian la absorción de nutrientes esenciales por las raíces, en especial de aquellos de difícil adquisición como el fósforo, propiciando un mejor desarrollo de la planta

El mezquite destaca en la vegetación de zonas áridas y semiáridas, por su gran cantidad de usos. Este trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero, con el objetivo de evaluar la respuesta del mezquite (*Prosopis sp.*) a la inoculación con *Glomus intraradix*, a la aplicación de fósforo y a dosis crecientes de materia orgánica. El suelo fue esterilizado con bromuro de metilo, con las siguientes características: pH de 7.9 ppm (alcalino), conductividad eléctrica de 0.247 dSm⁻¹, 1.61% materia orgánica, 0.11% de nitrógeno total, 4.0 ppm de fósforo, 5.89 meq/100g de potasio, 0.87 meq/100g de sodio y la textura franca. Los tratamientos aplicados resultaron de la interacción de los factores, materia orgánica (MO) y *G. intraradix*. Las dosis de fósforo fueron 0, 100, 200 y 300g kg⁻¹. La MO se probó con las dosis de 0, 300, 450 y 900g kg⁻¹; el endofito endomicorrízico fue *G. intraradix* probado únicamente con y sin inoculación. Los resultados indican que la inoculación con *G. intraradix* incrementó significativamente ($\alpha=0.05$) todos los valores de las variables estudiadas, incrementando en más del doble el peso seco de la biomasa. La aplicación de materia orgánica incrementó significativamente el valor de las variables estudiadas, de un 34 a un 199% con respecto al testigo. La aplicación de 900g de materia orgánica incrementó significativamente ($\alpha=0.05$) el peso seco de la biomasa con respecto al testigo y a la dosis de 300g. La materia orgánica no afectó el desarrollo del sistema radical. No se encontró respuesta significativa a la aplicación de las dosis de fósforo. Estos resultados ayudarán a diseñar estrategias para el mejor cultivo del mezquite (*Prosopis sp.*), para la reforestación y recuperación de suelos en zonas áridas y semiáridas.

Palabras clave: *Prosopis*, mezquite, endomicorriza, materia orgánica, fertilización fosfatada.

INTRODUCCIÓN

El mezquite (*Prosopis* sp.) es uno de los recursos maderables más importantes de las zonas áridas y semiáridas de México; ha sido utilizado desde épocas precolombinas por las diferentes etnias que habitaban estas regiones. Mezquite es el nombre común de leguminosas perennes, leñosas del género *Prosopis*, el cual es un género primitivo Mimosoide como lo demuestran sus granos de polen simple y la mayoría de los pétalos libres (Dávila 1983). Algunos autores mencionan que las especies asiáticas de *Prosopis*, las especies americanas que se desarrollan en el hemisferio oeste, e incluso el relacionado género *Prosopidastrum*, formalmente considerado como sección de *Prosopis* con dos especies, parecen tener un origen común en un centro floral desértico ancestral localizado en África tropical donde sólo persiste *Prosopis africana*, la menos especializada de las especies (Burkart 1943, Signoret 1970, Felker 1979, Felger 1981, Peña 1981, Dávila 1983, Galindo 1983).

En México, durante la época colonial se inició el uso indiscriminado de las mezquiteras y otros recursos forestales; su utilización era principalmente como fuente de energía, utilizados en forma doméstica como carbón o leña y en algunas industrias incipientes como las minas de oro y plata, y para la elaboración de durmientes de ferrocarril. Posteriormente ha existido un alto grado de deforestación, tanto por la apertura de nuevas tierras al cultivo como por la alta demanda de carbón vegetal de las zonas urbanas así como por el uso de madera con diversos fines. Una pequeña parte de la población rural recolecta las vainas del mezquite con el objeto de utilizarlas en forma de harina como suplemento para su ganado en el estiaje, aunque la mayoría proporciona las vainas enteras o en "greña", disminuyendo su aprove-

chamiento por el ganado; de esta manera, su utilización como forraje se restringe al libre consumo de los animales en pastoreo, principalmente cabras, ovejas, bovinos, equinos y una gran cantidad de fauna silvestre, destacando roedores y lagomorfos. Entre sus múltiples usos se han mencionado: el forrajero, medicinal, alimenticio, ecológico, utilización de la madera para diversos fines; además, por su alto contenido de taninos, se emplea en el curtido de pieles (Galindo, 1986; Ortega y Meléndez, 1991). El mezquite (*Prosopis* sp.), en muchas ocasiones el único elemento de porte arbóreo, posee un enorme potencial para responder favorablemente a la rehabilitación de zonas áridas y semiáridas degradadas o tendientes a la desertificación. Mediante repoblaciones de mezquite se puede proveer de energía. Asimismo, incrementa la fertilidad del suelo a través de la fijación de N y proveer vainas para la alimentación del ganado o humanos. Una vez alcanzado el crecimiento adecuado de la planta, su madera puede utilizarse para la elaboración de muebles y subproductos, en la construcción, etc..

Como consecuencia de lo anterior, existen algunas recomendaciones relacionadas con una adecuada producción de alimentos y combustibles ya que pueden ser la solución para el desarrollo socioeconómico de los países del Tercer Mundo (Pimentel *et al.*, 1986), así como para frenar la desertificación y recuperar las zonas que han perdido su potencial productivo (Kassas, 1977). Sin embargo, no ha recibido la atención que merece como elemento de desarrollo económico regional, estatal o nacional. Uno de los problemas a que se han enfrentado las forestaciones o reforestaciones, tanto en zonas templadas como en climas áridos y semiáridos, es el bajo porcentaje de éxito o procedimiento de los árboles trasplantados. Esta problemática se acentúa en zonas de baja precipitación

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza del experimento factorial en plantas de mezquite (*Prosopis* sp. a los 170 días después del transplante), en ocho variables evaluadas.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Variables							
		Altura (cm)	Área foliar (cm ²)	Número de ramas	Número de hojas	Peso seco de la raíz (g)	Diámetro de tallo (cm)	Volumen radical (cm ³)	Peso seco de la biomasa (g)
Tratamientos	31	1951.31	116786.3 ¹	1116.2	3983.3	15.7 ²	0.1 ²	116.0	126.2 ²
G. <i>intradix</i>	1	22295.5 ²	25606.0 ¹	11440.7 ²	38080.7 ²	48.5 ¹	1.4 ²	493.7 ²	1624.4 ²
MO	3	19192.6 ²	589419.2 ²	4331.2 ²	16902.8 ²	99.9 ²	0.3 ²	748.5 ²	528.9 ²
Fósforo	3	617.7	489.5	26.3	345.2	5.1	0.01	60.5	6.5
G x MO	3	4968.9	84737.9	64.7	1292.1	6.2	0.1	12.3	79.3 ²
G x P	3	2323.4	140028.9	1120.2	5614.3	5.9	0.04	37.1	30.2
MO x P	9	4259.3	58728.8	446.7	696.1	5.4	0.02	41.3	21.4
G x MO x P	9	6838.3	43525.4	279.3	741.5	4.1	0.01	17.1	17.8
Error	64	1094.0	62996.5	567.2	3860.1	7.3	0.03	34.3	18.4
CV (%)		31.8	58.1	52.5	53.1	50.1	23.8	40.5	35.7

¹ Significancia $\alpha=0.05$

² Altamente significativo $\alpha=0.01$

Cuadro 2. Diferencia significativa honesta del efecto de *Glomus intraradix* en ocho variables evaluadas.

<i>Glomus intraradix</i>	Variables							
	Altura (cm)	Área foliar (cm ²)	Número de ramas	Número de hojas	Peso seco de la raíz (g)	Diámetro de tallo (cm)	Volumen radical (cm ³)	Peso seco de la biomasa (g)
Inoculada	119.3 a	483.5 a	70.1 a	136.8 a	6.1 a	0.8 a	16.7 a	16.1 a
Sin inocular	88.8 b	380.3 b	48.3 b	97.0 b	4.7 b	0.6 b	12.2 b	7.9 b

Cifras con la misma letra en cada variable son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

y temporal errático, características que presenta la región centro-norte de la República Mexicana, en las cuales el porcentaje de sobrevivencia al trasplante es de alrededor del 40%. El manejo de hongos micorrízicos en el mejoramiento del crecimiento y nutrición de plantas ha sido propuesto como complemento o alternativa a la fertilización.

En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta del mezquite a la inoculación de *G. intraradix* y a la fertilización fosfatada en un suelo representativo del Altiplano Potosino, asociada con diferentes dosis de materia orgánica (MO).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en condiciones de invernadero, en las instalaciones del Campus SLP, CP en Salinas de Hidalgo, SLP. Las semillas de mezquite fueron tratadas con escarificación mecánica (tambor de escarificación con lija fina) durante 5 min. Posteriormente se germinaron en charolas de unicel con tezontle estéril como sustrato; cuando las plántulas alcanzaron la altura promedio de 6 cm se trasplantaron en bolsas de polietileno negro con 3 kg de suelo pasteurizado con vapor de

agua por 4 hrs durante dos días consecutivos. Este suelo fue esterilizado con bromuro de metilo, con las siguientes características: pH de 7.9 (alcalino), conductividad eléctrica de 0.247 dSm⁻¹, 1.61% materia orgánica, 0.11% de nitrógeno total, 4.0 ppm de fósforo, 5.89 meq/100g de potasio, 0.87 meq/100g de sodio y textura franca. Los tratamientos establecidos resultaron de la interacción de los siguientes factores: 1) micorriza con dos niveles: con y sin *G. intraradix*; 2) materia orgánica (MO) con cuatro niveles: 0, 300, 450, y 900 g Kg⁻¹ (el equivalente al suelo utilizado por maceta), utilizando como fuente de MO estiércol pulverizado de ganado bovino; 3) las dosis de fertilización fosfatada fueron 0, 100, 200 y 300 g Kg⁻¹. La aplicación de los tratamientos se realizó durante el trasplante. De la combinación de factores y niveles se definieron 32 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial con un total de 96 unidades experimentales. La inoculación se realizó empleando 10 g de arena mezclada con raíz de sorgo colonizada por *G. intraradix*. Se evaluaron las siguientes variables de respuesta: altura de planta en centímetros, área foliar en centímetros cuadrados,

**Figura 1.**

T.32: *G. intraradix*, P= 300 ppm, MO= 900 g, Suelo= 2100 g
T.17: *G. intraradix*, P= 0 ppm, MO= 0, Suelo= 3 Kg

**Figura 2.**

T.30: *G. intraradix*, P= 100 ppm, MO= 900 g, Suelo= 2100 g
T.6: Sin *G. intraradix*, P= 100 ppm, MO= 300 g, Suelo= 2700 g
T.2: Sin *G. intraradix*, P= 100 ppm, MO= 0, Suelo= 3 Kg.



Figura 3.

T.32: *G. intraradix*, P= 300 ppm, MO= 900 g, Suelo= 2100 g
T.26: *G. intraradix*, P= 100 ppm, MO= 450 g, Suelo= 2550 g
T.1: Sin *G. intraradix*, P= 0 ppm, MO= 0, Suelo= 3 Kg



Figura 4.

T.6: Sin *G. intraradix*, P= 100 ppm, MO= 300 g, Suelo= 2700 g
T.30: *G. intraradix*, P= 100 ppm, MO= 900 g, Suelo= 2100 g
T.1: Sin *G. intraradix*, P= 0 ppm, MO= 0, Suelo= 3 Kg.

número de ramas, número de hojas, peso seco de la raíz en gramos, diámetro del tallo en centímetros, volumen radical en centímetros cúbicos, peso seco de biomasa en gramos (PSB) y porcentaje de colonización micorrízica total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 1) muestra que la inoculación de *G. intraradix* y las dosis de materia orgánica afectaron significativamente el comportamiento de todas las variables estudiadas en forma positiva, con respecto al testigo (figs. 1, 2, 3 y 4). Las dosis de fósforo y las interacciones entre los factores estudiados no presentaron diferencias significativas con relación al testigo

con excepción de las interacciones entre *G. intraradix* y la materia orgánica en la variable peso seco de la biomasa.

Como se indicó inicialmente, la inoculación con *G. intraradix* incrementó significativamente ($\alpha=0.05$) todos los valores de las variables estudiadas (Cuadro 2). El efecto benéfico de la inoculación de las plantas de *Prosopis* sp. con *G. intraradix* se observa tanto en el desarrollo vegetativo de la planta como en el mayor crecimiento de las raíces. La gran diferencia en el peso seco de la biomasa (más del doble) en favor de las plantas inoculadas es resultado de la interacción positiva entre una mayor altura de la planta, un mayor número de ramas

y un mayor número de hojas que da una mayor área foliar. Este mayor aparato fotosintético que genera el mayor peso seco de la biomasa, seguramente estuvo favorecido por un mayor aporte de nutrientes y de agua aportados por la simbiosis con los hongos micorrízicos.

La interacción altamente significativa ($\alpha=0.01$) entre la inoculación con *G. intraradix* y las dosis de materia orgánica refuerza la noción de que las micorrizas potencian la absorción de nutrientes esenciales por las raíces, en especial de aquellos de difícil adquisición como el fósforo, propiciando un mejor desarrollo de la planta.

La aplicación de materia orgánica incrementó significativamente ($\alpha=0.05$)

Cuadro 3. Diferencia significativa honesta de las dosis de materia orgánica en ocho variables.

Materia orgánica (g)	Variables							
	Altura (cm)	Área foliar (cm ²)	Número de ramas	Número de hojas	Peso seco de la raíz (g)	Diámetro de tallo (cm)	Volumen radical (cm ³)	Peso seco de la biomasa (g)
0	79.8 b	205.2 b	39.2 b	78.8 b	2.4 b	0.5 b	6.2 b	5.3 c
300	110.0 a	505.5 a	67.7 a	129.9 a	6.8 a	0.7 a	15.9 a	12.4 b
450	111.5 a	455.8 a	63.4 a	120.0 ab	5.9 a	0.8 a	18.2 a	14.6 ab
900	115.0 a	557.1 a	67.1 a	138.9 a	6.9 a	0.7 a	17.9 a	15.8 a

Las cifras con la misma letra en cada variable son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

el valor de las variables estudiadas con respecto al testigo, de un 34 hasta un 198% (Cuadro 3). El aumento en el contenido de materia orgánica aplicada a las plantas de *Prosopis* sp. mejoró su desarrollo vegetativo, aunque las diferencias sólo fueron significativas ($\alpha=0.05$) en la variable que sumariza el crecimiento de la parte aérea que es el peso seco de la biomasa. La aplicación de 900 g de materia orgánica incrementó significativamente ($\alpha=0.05$) el peso seco de la biomasa con respecto al testigo y a la dosis de 300 g. Este mayor peso seco de la biomasa se debe a la acumulación de una mayor altura de la planta, un mayor número de ramas y a una mayor área foliar, dada por un mayor número de hojas.

Las diferentes cantidades de materia orgánica aplicada no tuvieron un efecto discernible sobre el sistema radical de *Prosopis* sp.

El porcentaje de colonización por micorriza varió de 9.25% con la adición de *G. intraradix* y 900g kg⁻¹ de MO hasta 77.50% con la adición de *G. intraradix* y 300g de MO y 100g kg⁻¹ de P₂O₅.

Finalmente, para los niveles del efecto principal de la fertilización fosfatada como fuente de P₂O₅, para

ninguna variable se detectó la creación de más de un grupo. Es decir, los niveles de fósforo ensayados no presentaron diferencia media significativa ($\alpha=0.05$) entre ellos.

Los resultados mencionados anteriormente para el efecto de la inoculación con micorrizas y la aplicación de materia orgánica son similares a los encontrados por Gardezi *et al.* (1999) para *Sesbania emerus* (Aubl) Urban, en donde las micorrizas y la materia orgánica mejoraron el crecimiento de esta leguminosa. Por otro lado, Gardezi *et al.* (2000), trabajando con el chapulixtle (*Dodonaea viscosa*) encontraron también una respuesta positiva a la inoculación con endomicorrizas, pero a diferencia del presente trabajo, también una gran respuesta a la aplicación de

fósforo que incrementó el peso seco de la raíz, el volumen radical, el peso seco de la biomasa y el área foliar. En trabajos realizados con otra leguminosa arbórea, *Leucaena leucocephala*, Gardezi *et al.* (2003) tuvieron una respuesta benéfica a la doble inoculación con *Glomus* spp. y con *Rhizobium* sp., que también protegieron al árbol de los efectos tóxicos de las dosis altas de cobre y de cromo.

CONCLUSIONES

La micorriza *G. intraradix* y la aplicación de materia orgánica mejoraron el crecimiento en la mayoría de las variables evaluadas (altura de la planta, área foliar, número de hojas, peso seco de raíz, diámetro de tallo, volumen radical y peso seco de biomasa) del mezquite (*Prosopis* sp.).

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Berkart, A. 1943. Las leguminosas argentinas. ACME Agency. Buenos Aires, Argentina. 590 pp
- Dávila, A.H. 1983. La distribución del mezquite en México. En: SARH, SFINIF (eds). Segunda reunión Nacional sobre ecología, manejo y domesticación de plantas útiles del desierto (memoria). Gómez Palacio, Dgo. México. 167 pp
- Felker, P. 1979. Mezquite: All-purpose leguminous arid land tree. En: Gary A.R. (ed) New Agricultural Crops. 5:89-125
- Felger, S.R., Leigh L., Buchman L.S., Cornejo O.D., Dimmitt A.M., Johnson G.D., Nagel C., Ratner L., and Stigers A. 1981. Inventing the world's arid lands for new crops: A model from Sonoran Desert. Mezquite as example of a new crop. En: Lund G.H. Caballero (ed.). Arid land resource inventories developing cost-efficient methods and international workshop. La Paz, México. USDA Forest Service p. 112-116
- Galindo, A. S. 1986. Hibridación natural en el mezquite (*Prosopis laevigata* y *P. glandulosa* var. *torreyana*) de la altiplanicie de San Luis Potosí. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 112 p
- Gardezi, A.K., R. Ferrera-Cerrato, J.L. Aguilar A., y M. Larqué S. 1999. Crecimiento de *Sesbania emerus* (Aubl) urban inoculada con *Glomus* sp. En presencia de vermicomposta. Terra Vol. 17: 109-114
- Gardezi, A.K., V.M. Cetina A., D. Talavera M., R. Ferrera-Cerrato, F. Rodríguez N. y M. Larqué S. 2000. Efecto de inoculación con endomicorriza arbuscular y dosis creciente de fertilización fosfatada en el crecimiento de chapulixtle (*Dodonaea viscosa*). Terra Vol.18: 153-159
- Gardezi, A.K., I.D. Barceló-Quintal, V.M. Cetina- Alcalá, A.L. Bussy, M.A. Borja-Salin, and M. Larqué-Saavedra. 2003. Preliminary studies of phytoremediation by *Leucaena leucocephala* in association with arbuscular endomycorrhiza and *Rhizobium* in soil polluted by Cu and Cr. Proceedings Vol XIV. Computer Science, Engineering Applications. The 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Orlando, Florida. Pp 6-11
- Gómez, L.F. 1971. Importancia económica de los mezquites (*Prosopis* spp.) en algunos estados de la República Mexicana. En: Gómez et al. 1970. Mezquite y Huizaches. Algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros, *Prosopis* y *Acacia* en México. I.M.R.N.R (ed.), A.C., México, D.F. p.1-69
- Kassas, M. 1977. Arid and semiarid land: problems and prospects. Agro Ecosystems 3:185-204
- Ortega, R. S.A. y R. Meléndez G. 1991. El mezquite: su potencial en zonas áridas. En: Meléndez *et al.* (eds.). Alternativas de manejo y utilización de los recursos de zonas áridas. Bermejillo, Dgo. México. pp. 43-50
- Peña, N.J.M. 1981. Biología, ecología e importancia del mezquite. Serie Tec-Cient. INIP-SARH. 2(1):40 pp
- Pimentel, D., W. Dazhong, S. Eigenbrode, H. Lang, D. Emerson and M. Karasik. 1986. Deforestation: interdependency of fuelwood and agriculture. Oikos 46:404-412
- Signoret, P.J. 1970. Datos sobre algunas características ecológicas de *Prosopis laevigata* y su aprovechamiento en el Valle del Mezquital. En: Beltrán E. (ed). Mezquites y Huizachez. IMRNR. México, D.F. p. 73-85



El Dr. Abdul Khalil Gardezi forma parte de los cien académicos distinguidos del Colegio de Postgraduados de los años 2002, 2004, 2005, 2006 y 2007, reconocimiento que se entregó en el año correspondiente. Distinciones internacionales: Adelade Sur de Australia y Universidad de Escocia Inglaterra; en Florida EEUU, es miembro del comité organizador del Instituto Internacional de informática y cibernética en el área de Ingeniería y contaminación ambiental. Arbitro de publicaciones internacionales.