

COLONIZACIÓN MICORRÍZICA ARBUSCULAR Y CRECIMIENTO DE GENOTIPOS DE PASTO BUFFEL (*Cenchrus ciliaris*)

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL COLONIZATION AND GROWTH OF BUFFEL GRASS (*Cenchrus ciliaris*) GENOTYPES

Arturo Díaz Franco* e Idalia Garza Cano

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

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

RESUMEN

Para conocer la efectividad de la simbiosis por hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el crecimiento de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), se hizo un estudio en invernadero en el que las líneas 'PI-409443', 'PI-409275', y las variedades 'Formidable', 'Zaragoza 115' y 'Común' (testigo), fueron inoculadas o no con el HMA *Glomus intraradices*. Se realizaron dos muestreos, el 25 de julio y el 8 de noviembre. En el primer muestreo, el índice de clorofila y las biomasa fresca y seca de los genotipos no mostraron efectos significativos de micorrización. En el muestreo final, la simbiosis causó incrementos significativos en índice de clorofila, contenido de proteína foliar, y biomasa seca y radical. La colonización micorrízica final promedió 42 %. Los genotipos de buffel 'PI-409443' y 'Formidable' registraron los valores más altos en biomasa seca e índice de clorofila en el primero y en el último muestreo, y de biomasa radical en el final. *G. intraradices* fue capaz de incrementar significativamente el contenido de proteína foliar en 'PI-409443' y 'Formidable' y 'Común'. El porcentaje de colonización micorrízica radical se correlacionó con el índice de clorofila ($r^2=0.82$) y con el contenido de proteína ($r^2=0.92$). Los resultados indicaron que la micorrización promovió mayores valores en producción de biomasa, índice de clorofila y contenido de proteína, en tres de los cinco genotipos del pasto buffel, en el segundo muestreo.

Palabras clave: *Cenchrus ciliaris*, micorrización, *Glomus intraradices*, características de buffel.

SUMMARY

In order to know the effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the growth of buffel grass, (*Cenchrus ciliaris* L.), lines 'PI-409443', 'PI-409275', and varieties 'Formidable', 'Zaragoza 115' and 'Común' (control), were or not inoculated with AMF *Glomus intraradices* under greenhouse conditions. Two grass sample were taken, the initial on July 25 and final on November 8. On the first date, there were not significant effects of AMF on chlorophyll rate, fresh and dry biomass, in any genotypes. On the second date the symbiosis showed significant increase in chlorophyll rate, foliar protein, and dry and root biomass. Final average of mycorrhizal colonization was 42 %. The buffel genotypes 'PI-409443' and 'Formi-

dable' registered the highest dry biomass and chlorophyll rates on first and second evaluation, as well as higher root biomass. *G. intraradices* increased significantly foliar protein in 'PI-409443', 'Formidable' and 'Común'. Mycorrhizal colonization correlated significantly with chlorophyll rate ($r^2=0.82$) and protein content ($r^2=0.92$). AMF colonization promoted biomass production, chlorophyll rate and protein content in three of out of five buffel grasses genotypes at the final evaluation.

Index words: *Cenchrus ciliaris*, mycorrhization, *Glomus intraradices*, buffel characteristics.

INTRODUCCIÓN

La simbiosis originada por colonización de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en plantas hospederas, promueve el crecimiento y una mayor nutrición mineral de la planta (Allen *et al.*, 2001; Khalil *et al.*, 1994), así como la tolerancia a patógenos del suelo (Khalil *et al.*, 1998; Graham, 2001) y a condiciones abióticas adversas, como sequía (Augé *et al.*, 2001; Kaya *et al.*, 2003), heladas (El-Tohamy *et al.*, 1999) y salinidad (Alkaki, 2000). Por el interés en alcanzar el equilibrio ecológico, la micorrización representa una práctica que debe ser incorporada dentro de los sistemas de agricultura sostenible (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2004; Sylvia, 1999).

Se conoce que la mayoría de los pastos forman simbiosis con los HMA (Newman y Reddel, 1987), pero son pocas las investigaciones realizadas sobre micorrización en esas especies. Según Pelletier y Dionne (2004), la inoculación del HMA *Glomus intraradices* Schenk & Smith incrementó el establecimiento y la biomasa de los pastos *Poa pratensis* L., *Festuca rubra* L. y *Lolium perenne* L., sin riego ni fertilización. Gemma *et al.* (1997) determinaron

que *Agrostis stolonifera* L. toleró la sequía cuando fue micorrizada.

El pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) es la especie de mayor importancia en las praderas de las regiones áridas y semiáridas del noreste de México, donde predomina la variedad 'Común' en más de 95 %; esta especie representa una alternativa para mejorar la productividad de los agostaderos, en especial en aquellas áreas donde los pastos nativos han desaparecido, debido a sequías prolongadas y al sobrepastoreo (García *et al.*, 2003; Loredó *et al.*, 2004). Además, este pasto está considerado dentro de las opciones en los programas de reconversión productiva de suelos deteriorados en zonas semiáridas de Tamaulipas (SAGARPA, 2002). Por lo anterior, el propósito del presente estudio fue conocer la influencia que tiene la inoculación de HMA en el crecimiento y rendimiento de cinco genotipos de pasto buffel.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se hizo de abril a diciembre de 2003 en el Campo Experimental Río Bravo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El suelo esterilizado con bromuro de metilo se usó como sustrato en macetas de 24.5 cm de diámetro y de 28 cm de alto. Las características físicoquímicas del suelo son: textura franco arenosa, pH 8, 2.4 % de materia orgánica, 9 mg L⁻¹ de N, 11 mg L⁻¹ de P y 350 mg L⁻¹ de K. Los genotipos evaluados de pasto buffel fueron las líneas 'PI-409443' y 'PI-409275', del Campo Experimental General Terán, INIFAP, y las variedades 'Formidable' (Campo Experimental Valle de Culiacán, INIFAP), 'Zaragoza 115' (Campo Experimental Zaragoza, INIFAP) y 'Común (T-4464)' (testigo regional). Cada genotipo fue o no inoculado al momento de la siembra con la cepa regional del HMA *Glomus intraradices* (Campo Experimental General Terán, INIFAP), a dosis de 10 g de sustrato micorrízico debajo de la semilla, y el inóculo estuvo formado de suelo y trozos de raíces de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] micorrizados (75 % de colonización) como planta hospedera. El pasto se sembró el 3 de abril en invernadero, con 25 a 30 semillas por maceta. Las plantas se irrigan regularmente una vez por semana. La unidad experimental fue una maceta con cuatro a siete plantas, en total fueron 10 tratamientos en cinco repeticiones, en un arreglo factorial 2 x 5 con diseño completamente aleatorio.

Se hicieron dos muestreos de plantas, el 25 de julio y el 8 de noviembre. Las variables registradas en el primer muestreo fueron: índice de clorofila, medido en cuatro lecturas por maceta del segmento central de las hojas intermedias de la planta, con el aparato digital Minolta SPAD 501; y biomasa fresca y seca. En la segunda evaluación,

además de biomasa e índice de clorofila, se cuantificó el contenido de proteína foliar con el método de Kjendahl. Las raíces se lavaron con agua y se tomaron fragmentos de 1 a 1.5 cm para determinar la colonización micorrízica mediante un muestreo en cada maceta, a través de la técnica de clareo con KOH secaron 10 % y tinción con azul tripano 0.03 %, según Phillips y Hayman (1970). Posteriormente las raíces se secaron en estufa a 80 °C durante 3 d para medir la biomasa radical.

Los datos se sometieron al análisis de varianza y a la pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey (P ≤ 0.05), con el programa Statgraphics Plus 2.0 (Manugistics, Inc., 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia del HMA. El índice de clorofila y la biomasa fresca y seca de los genotipos de buffel no mostraron diferencias significativas en el primer muestreo, lo que muestra que la actividad micorrízica de *G. intraradices* durante cuatro meses no fue suficiente para influir en el contenido de clorofila ni en la producción de forraje (Cuadro 1). Pelletier y Dionne (2004) informaron que a los tres meses de que los pastos *P. pratensis*, *F. rubra* y *L. perenne* fueron inoculados con los HMA *G. intraradices* y *G. etunicatum*, la colonización micorrízica alcanzó 17 % y no impactó el porcentaje de cobertura final, medida como biomasa. También se ha demostrado que con niveles de colonización micorrízica inferiores a 18 %, la inoculación de los HMA no influye en la promoción de sorgo y cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) (Díaz *et al.*, 2006; Pecina *et al.*, 2005).

En cambio, en el segundo muestreo la colonización micorrízica produjo incrementos significativos, con relación al testigo no inoculado, en índice de clorofila, contenido de proteína foliar, y biomasa seca y radical, con ganancias de 4.3, 34, 9.6 y 24.1 %, respectivamente. El porcentaje de colonización micorrízica radical final fue de 42 % en el periodo (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Abdel y Mohamedin (2000), quienes reportaron que la inoculación de sorgo con *G. intraradices*, incrementó el crecimiento, los pigmentos fotosintéticos y la proteína, comparado con el sorgo sin inoculación. Algunos autores (Clark *et al.*, 1999; Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2004; Ibrahim *et al.*, 1990; Plascencia *et al.*, 1997) consideran que el efecto benéfico de la micorrización por HMA en otras especies, se debe un mayor aprovechamiento de los nutrimentos inmóviles del suelo como fósforo, zinc y cobre, lo que permite una mayor producción de biomasa.

Cuadro 1. Características de los genotipos de buffel con o sin inoculación del HMA *G. intraradices*.

Variable	Biomasa (g)/1er muestreo		Biomasa (g)/2º muestreo		Índice de clorofila		Biomasa radical (g)	Proteína foliar (%)	CM ² (%)
	Fresca	Seca	Fresca	Seca	1er muestreo	2º muestreo			
Micorriza (M)									
Con	87.0	19.0	65.9	19.3	19.0	21.5	57.6	5.9	42
Sin	83.0	18.1	64.4	17.6	19.2	20.6	46.4	4.4	0
Significancia F	ns	ns	ns	*	ns	*	**	**	***
Genotipo (G)									
PI-409443	93.5	23.3	67.8	20.1	20.2	22.1	89.6	6.4	46.8 ^{cc}
Formidable	107.4	22.0	74.0	19.6	20.0	21.8	67.7	6.1	46.0
PI-409275	85.9	18.0	62.9	19.3	19.1	21.0	47.8	5.2	40.6
Zaragoza 115	83.9	14.7	65.5	19.1	18.8	20.4	44.2	4.7	37.4
Común	75.4	14.5	56.0	17.2	17.3	19.7	38.8	4.1	38.8
Significancia F	**	***	***	***	**	***	***	***	ns
DMS (Tukey, 0.05)	10.4	1.7	4.5	0.7	0.85	0.96	22.1	0.78	--
M x G	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns

^{cc}CM=colonización micorrízica.

ns, *, **, ***No significancia o significancia a nivel de $P \leq 0.05$, 0.01 y 0.001, respectivamente.

^{cc}Valores de tratamiento inoculado.

Az < DMS (Tukey, 0.05).

Respuesta de los genotipos. Entre los genotipos de pasto buffel hubo diferencias en las variables evaluadas, tanto en el primero como en el segundo muestreo, con excepción de la colonización micorrízica radical. El buffel 'Común' mostró los valores más bajos ($P \leq 0.05$) de esas variables, mientras que la línea 'PI-409443' y la variedad 'Formidable' fueron los que manifestaron los valores más altos, particularmente en biomasa seca e índice de clorofila en ambos muestreos, así como en biomasa radical en la que no hubo diferencias entre muestreos. Los incrementos promedio de estos dos genotipos sobre el testigo 'Común' fueron de: 56 % en biomasa seca al primer muestreo y de 15 % en el segundo; en el índice de clorofila la ganancia fue de 16 % y 11 % para el primero y segundo muestreo, respectivamente; en biomasa radical fue de 202 %; y en contenido de proteína foliar fue de 57 % (Cuadro 1). Méndez y Palomo (1997) reportaron que en condiciones de campo en Tamaulipas, la variedad 'Formidable' tuvo mejor aclimatación y superó en la producción de biomasa seca a la variedad 'Común' con un promedio de 49 %. En ensayos con genotipos de buffel, García *et al.* (2003) indicaron que la línea 'PI-409443' resultó sobresaliente en la producción de biomasa seca y proteína cruda, por lo que la proponen como variedad para ser registrada.

Interacciones HMA x genotipo. No hubo diferencias significativas para la mayoría de las interacciones, lo que demuestra que los dos factores estudiados actúan en forma independiente. La interacción HMA x genotipo sólo fue significativa para la proteína foliar (Cuadro 1), ya que la simbiosis con *G. intraradices* fue capaz de incrementarla significativamente solamente en la línea 'PI-409443' y en las variedades 'Formidable' y 'Común' (Cuadro 2). Destacaron las correlaciones significativas entre el índice de clorofila en el segundo muestreo con el contenido de proteína

foliar ($r = 0.96$), y estas dos variables correlacionaron a su vez con el porcentaje de colonización micorrízica ($r = 0.82$ y $r = 0.86$, respectivamente). Khalil *et al.* (1994) demostraron que hay especificidad de la dependencia micorrízica entre cultivares de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] y maíz (*Zea mays* L.), cuando fueron inoculados con *Gigospora margarita* o *G. intraradices*.

Cuadro 2. Contenido de proteína foliar (%) con o sin inoculación de *G. intraradices* en genotipos de pasto buffel.

Micorriza	Genotipos				
	'PI-409443'	'Formidable'	'PI-40975'	'Zaragoza 115'	'Común'
Con	7.6	6.7	5.4	5.0	4.7
Sin	5.2	5.5	5.1	4.4	3.5
Tukey (0.05) = 1.1	*	*	ns	ns	*

ns, * No significancia o significancia a nivel de $P \leq 0.05$, respectivamente. DMS (Tukey, 0.05) = 1.1

El uso de microorganismos capaces de promover el crecimiento de los pastos puede representar una opción importante para el establecimiento y la producción de pastos forrajeros, particularmente en condiciones agroclimáticas adversas (Loredo *et al.*, 2004). Entre los factores que pueden tener influencia en la efectividad simbiótica de los HMA en las plantas, están la cepa utilizada, el hospedero y las condiciones edáficas (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2004). Los resultados aquí obtenidos evidencian que la inoculación del HMA *G. intraradices* aumentó la producción de biomasa y el índice de clorofila en el segundo muestreo, así como el contenido de proteína foliar, en tres de los cinco genotipos de pasto buffel.

CONCLUSIONES

A los cuatro meses de inoculados los cinco genotipos de pasto buffel con el HMA *G. intraradices*, la simbiosis

no tuvo influencia en el índice de clorofila y el peso de biomasa fresca y seca, pero a los siete meses de la inoculación micorrízica ya se registraron incrementos significativos, en comparación con las plantas no inoculadas, en peso de biomasa seca, índice de clorofila, peso de biomasa radical y porcentaje de proteína foliar.

La variedad 'Común' registró los valores más bajos en las variables medidas, mientras que la línea 'PI-409443' y la variedad 'Formidable' mostraron los valores más altos, particularmente en el índice de clorofila y peso de biomasa seca y radical. *G. intraradices* incrementó significativamente el contenido de proteína en los genotipos 'PI-409443', 'Formidable' y 'Común'. El porcentaje de colonización micorrízica radical, que en promedio fue de 42 %, correlacionó positivamente con el índice de clorofila ($r^2=0.82$) y con el contenido de proteína ($r^2=0.92$).

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.
- Alkaki G N (2000) Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza* 10:51-54.
- 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.
- Augé R M, A J Stodola, J E Tims, M Saxton (2001) Moisture relation properties of a mycorrhizal soil. *Plant and Soil* 230:87-97.
- 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.
- Díaz F A, A Ortegón 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.
- El-Tohamy W, W Schnitzler, U El-Beairy (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 micorrízicos arbusculares. *In: Memoria Simposio de Biofertilización.* Díaz F A, P M Mayek, A Mendoza, M N Maldonado (eds). Río Bravo, Tam. México. pp:1-9.
- García D G, L Ramírez R, R Foroughbakhch, R Morales R, G García D (2003) Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 41:209-218.
- Gemma J N, R E Koske, E M Roberts, N Jackson, K M de Antonis (1997) Mycorrhizal fungi improve drought resistance in creeping bentgrass. *J. Turfgrass Sci.* 73:15-29.
- Graham J H (2001) What do root pathogens see in mycorrhizas? *New Phytol.* 149:357-359.
- Ibrahim M A, W F Campbell, L A Rupp, E B Allen (1990) Effects of mycorrhizae on sorghum growth, photosynthesis and stomatal conductance under drought conditions. *Arid Soil Res. Rehabil.* 4:99-107.
- 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 and 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. Fitopat.* 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.
- Loredo O C, L López R, D Espinosa V (2004) Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamer.* 22:225-239.
- Manugistics, Inc (1997) Statgraphics Plus. Version 3.1. Rockville, MD.
- Méndez R A, J Palomo S (1997) Guía para establecer zacate buffel en el norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Folleto No. 13. México. 16 p.
- Newman E I, P Reddel (1987) The distribution of mycorrhizal among families of vascular plants. *New Phytol.* 72:127-136.
- Pecina Q V, A Díaz F, H Williams A, E Rosales R, I Garza C (2005) Influencia de la fecha de siembra y biofertilizantes en sorgo. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:389-392.
- Pelletier S, J Dionne (2004) Inoculation rate of arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus intraradices* and *Glomus etunicatum* affects establishment of landscape turf with no irrigation or fertilizer inputs. *Crop Sci.* 44:335-338.
- 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. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- Plascencia E O., J J Francisca, H Vargas, R. Ferrera-Cerrato, V A González H (1997) Effect of vesicular-arbuscular micorriza on growth and biomass allocation of eucalyptus seedlings. *Terra* 15:7-14.
- SAGARPA (2002) Lineamientos y mecanismos de operación del subprograma de apoyos a la conversión del cultivo de sorgo por pasto buffel en la región norte de Tamaulipas. Diario Oficial. Jueves 1 de agosto, 2002. México. 12 p.
- Sylvia DM (1999) Fundamentals and applications of arbuscular mycorrhizae: A "biofertilizer" perspective. *In: Soil Fertility, Soil Biology, and Plant Nutrition Interrelationships.* J O Siquiera, F M Moreira (eds). Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Brazil. pp:705-723.