

INFLUENCIA DE FECHA DE SIEMBRA Y BIOFERTILIZANTES EN SORGO

PLANTING DATE AND BIOFERTILIZER INFLUENCE ON SORGHUM

Víctor Pecina-Quintero*, Arturo Díaz-Franco,
Héctor Williams-Alanís,
Enrique Rosales-Robles e Idalia Garza-Cano

Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apdo. Postal 172, C.P. 88900. Río Bravo, Tam., México, Tel: 01 (889) 934-1046. Correo electrónico: pecina.victor@inifap.gob.mx

* Autor para correspondencia

RESUMEN

Debido a que las siembras de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el norte de Tamaulipas, México, se inician cuando prevalecen bajas temperaturas y que se desconoce el comportamiento de la asociación sorgo con biofertilizantes en estas condiciones, en este trabajo se evaluó el efecto de siete fechas de siembra en la asociación sorgo-biofertilizante (*Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense* y la fitohormona brassinoesteroide). No se observaron diferencias significativas entre biofertilizantes en ninguna fecha de siembra ni en el análisis combinado, para rendimiento de grano, porcentaje de infección radical y otras características agronómicas. Aunque en las dos primeras fechas de siembra se observaron temperaturas bajas (12 °C), éstas no afectaron el grado de colonización radical. Sólo se observaron diferencias significativas en el índice de clorofila para fechas de siembra, híbridos y en la interacción de estos factores. En general, el porcentaje de colonización radical fue bajo (6 %), y se detectó la presencia de cepas nativas de hongos micorrízicos en el testigo. Es probable que la baja colonización se deba, en parte, a los bajos contenidos de N, P y materia orgánica del sitio de estudio y al efecto inhibitorio de las cepas nativas.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, colonización micorrízica, rendimiento de grano.

SUMMARY

Because grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) planting in northern Tamaulipas, México, starts when low temperatures still prevail, and the performance of the biofertilizer-sorghum association is not known under these conditions, field studies were conducted to evaluate the effect of seven planting dates on the association of sorghum-biofertilizers (*Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense* and brassinoesteroid). No significant effects between were found in any planting date nor in the combined analysis, for grain yield, percentage of root colonization and other agronomic characteristic. Although

in the first two planting date low temperatures (12 °C) occurred in the experimental site, they did not affect the root infection. Significant differences were observed only in chlorophyll rate for planting date, hybrids and interaction of these factors. In general, root colonization was low (6 %), and the presence of native mycorrhizal fungi was also observed in the control. Low mycorrhizal colonization was probably due to low N, P and organic matter content in the soil and/or to the inhibitory effect of native fungi.

Index words: *Sorghum bicolor*, mycorrhizal colonization, grain yield.

INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el principal cultivo en el norte de Tamaulipas, México, con una superficie anual de 763 000 ha, y un rendimiento promedio de 2.3 t ha⁻¹ (Secretaría de Desarrollo Económico y Empleo de Tamaulipas, 2003). En la región, casi 90 % del sorgo se cultiva en condiciones de secano, por lo que su producción depende de diversos factores, entre los que destacan: a) la sequía, condición que se agrava por el escaso uso de prácticas agronómicas que favorezcan la conservación y aprovechamiento de la humedad residual; b) la predisposición del cultivo al hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid; c) los bajos contenidos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el suelo; y d) el monocultivo. Además, los constantes aumentos en los costos de producción y los escasos márgenes de ganancia provocados por los bajos rendimientos y bajos precios del grano, hacen imprescindible la búsqueda de alternativas que reduzcan los costos y aumenten la producción y productividad del cultivo.

Una opción que puede hacer sostenible la productividad de este cultivo es el empleo de biofertilizantes, como son los hongos micorrízicos vesículo-arbusculares (MVA), las rizobacterias, las hormonas esteroidales y otros compuestos biológicos (Alarcón y Ferrera, 2000; Clouse y Sasse, 1998). Aunque los hongos micorrízicos poseen gran capacidad de adaptación, el frío puede afectar la simbiosis ya que la temperatura está directamente relacionada con la supervivencia, establecimiento y funcionamiento de los propágulos (Baon *et al.*, 1994). De igual forma, la intensidad de la colonización por la MVA puede variar con la fecha de siembra, la temperatura, tipo de suelo, hospedero y las prácticas de manejo (Bethlenfalvay, 1992). Las temperaturas cercanas a 23 °C estimulan la esporulación, mientras que la actividad metabólica de la espóra se reduce a temperaturas inferiores a 10 °C; la longitud de raíz y la colonización decrece con temperaturas cercanas a 15 °C (Baoling y Chantal, 2002).

El uso de la bacteria fijadora de N *Azospirillum*, en cereales, ha incrementado el rendimiento entre 23 y 63 %, cuando la semilla se inocula antes de la siembra (Bashan *et al.*, 1996). Sin embargo, en sorgo, el comportamiento de

Azospirillum spp. ha sido inestable ya que los resultados varían con la cepa involucrada y los factores ambientales, por lo que su explotación comercial ha sido limitada (Ramírez y Luna, 1995). En los últimos años ha cobrado importancia también el uso de la fitohormona esterooidal brassinoesteroide como promotora del crecimiento y desarrollo de las plantas (Clouse y Sasse, 1998). Se ha reportado que su aplicación a la semilla puede incrementar la germinación y el crecimiento de las plantas a bajas temperaturas (Mandava, 1988), pero se desconoce su efecto en sorgo.

En el norte de Tamaulipas, las siembras de sorgo del ciclo otoño-invierno con frecuencia se extienden de diciembre a marzo. Sin embargo, no se recomiendan las siembras de este cultivo durante diciembre y la primera quincena de enero debido a las bajas temperaturas y la ocurrencia de heladas que afectan la germinación y el desarrollo vegetativo del cultivo. Por tanto, al no existir información del comportamiento de esta simbiosis en la región y de que esta práctica puede hacer sostenible la producción de sorgo, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fecha de siembra en la relación simbiótica planta MVA *Glomus intraradices* Schenck & Smith, la rizobacteria *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg & Döbereiner y la fitohormona brassinoesteroide, en la producción y características agronómicas de tres híbridos de sorgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno 1999-2000, en el Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, en Río Bravo, Tamaulipas, México, en un suelo de textura arcillosa, deficiente en materia orgánica (0.7 %), bajo en N ($5.0 \mu\text{g g}^{-1}$) y P ($9.56 \mu\text{g g}^{-1}$), alto en K ($400 \mu\text{g g}^{-1}$), y pH alcalino (7.91). Se utilizó un arreglo de tres factores en un diseño de bloques al azar y tres repeticiones. El primer factor fueron tres híbridos de sorgo: Pioneer 8443 y RB-3030, ambos de ciclo intermedio, y RB-4000 de ciclo tardío. El segundo factor fueron cinco biofertilizantes: 1) Una cepa de *A. brasilense* ($\geq 100 \times 10^6$ células g^{-1} de turba) en dosis de 400 g para 8 kg de semilla (A); 2) El hongo MVA *G. intraradices* (≥ 200 esporas/g de suelo e infecciones de 95 %), en dosis de 1000 g para 8 kg de semilla (G); 3) La mezcla de *Azospirillum* y MVA (A + G) en las dosis señaladas; 4) La hormona esterooidal brassinoesteroide (CIDEF-4[®]) en dosis de 10 mL ha^{-1} , asperjada al follaje a los 60 y 75 d después de la siembra (dds); y 5) El testigo sin biofertilizante. La información de las dosis de sustrato micorrízico y *Azospirillum* utilizadas para la inoculación de la semilla provienen de Irizar *et al.* (2003). El tercer factor fueron siete fechas de siembra, a partir del 15 de enero hasta 15 de abril de 2000, con intervalos de 15 d.

El manejo agronómico del cultivo se hizo según las recomendaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para esta región (Montes y Aguirre, 1992) y se aplicó un riego para el establecimiento del cultivo; posteriormente el ensayo se condujo bajo condiciones de temporal o secano. La unidad experimental fue de dos surcos de 0.8 m de ancho por 5 m de largo (8 m²).

Para determinar el porcentaje de colonización micorrízica (cantidad de hifas, vesículas y arbuscúlos en las raicillas) se hizo un muestreo destructivo, de cinco plantas por unidad experimental a los 100 dds en tres de las siete fechas de siembra (30 de enero, 29 de febrero y 15 de abril), según el procedimiento reportado por Phillips y Hayman (1970). Dado que se ha observado un aumento de los pigmentos fotosintéticos en las plantas micorrizadas (Abdel y Mohamedin, 2000), se evaluó el índice de clorofila en el centro de la hoja bandera de 10 plantas por parcela a los 60 dds, con un medidor portátil de clorofila Minolta SPAD-501, en las tres fechas de siembra señaladas anteriormente. En todas las fechas de siembra se registraron los días a floración, altura de planta, longitud de panoja, excursión de panoja y rendimiento de grano, ajustado a 12% de humedad.

Los datos se analizaron estadísticamente de manera individual y combinada mediante el paquete de software StatGraphics Plus (Versión 3.1) y la separación de medias se hizo mediante la prueba diferencia mínima significativa (DMS) ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de las cuatro variables utilizadas para cuantificar el nivel de efectividad entre planta-biofertilizante, sólo detectó diferencias significativa entre fechas de siembra para el índice de clorofila y en la interacción fechas de siembra x híbridos (Cuadro 1). Aunque se registró un aumento paulatino de las temperaturas extremas conforme avanzó el ciclo de siembra (enero, 12 a 23 °C; febrero, 16 a 26 °C, marzo, 18 a 32 °C), ello no mejoró los porcentajes de infección micorrízica que se mantuvieron bajos, al contrario de lo observado en otros estudios (Baoling y Chantal, 2002). Se infiere entonces que el bajo porcentaje de colonización micorrízica se debió, en parte, a los bajos niveles de P, N y materia orgánica del suelo y a las prácticas de manejo del cultivo, como ha reportado Bethlenfalvay (1992). También se observó que al utilizar la mezcla A + G existió una tendencia de disminuir el rendimiento de grano, en comparación con A o G aplicados independientemente (datos no mostrados). Esto podría ser debido a un efecto inhibitorio entre los dos microorganismos utilizados, al contrario de lo observado en otros

estudios y cepas (Veeraswamy *et al.*, 1992). La colonización micorrízica en la raíz del testigo indicó la presencia de hongos nativos, por lo que es probable que también haya existido inhibición entre la cepa introducida y las nativas (Matus *et al.*, 1990; Linderman, 1992).

Cuadro 1. Cuadros medios del análisis de varianza para tres fechas de siembra de sorgo inoculado con *A. brasilense*, *G. intraradices*, *aspersión de brassinoesteroide* y testigo.

Fuente de variación	GL	Hifas	Infección total	Índice de clorofila
Bloques	2	0.300	15.96	76.32
Fechas (F)	2	64.544	14.24	143.13*
Híbridos (H)	2	50.277	8.94	73.54
Biofert (B)	4	223.062	33.16	9.66
F x H	4	193.451	32.23	47.89*
F x B	8	165.155	34.69	2.28
H x B	8	146.251	25.27	10.36
H x B	16	141.164	20.19	3.58
Error	32	181.586	26.20	5.52
CV (%)		18.46	25.60	8.06

* Diferencias significativas con $\alpha=0.05$. GL= Grados de libertad.

Se ha observado que las MVA además de promover el crecimiento, incrementan los pigmentos fotosintéticos (Abdel y Mohamedin, 2000). En este estudio no se detectaron diferencias entre híbridos y biofertilizantes en el contenido de clorofila, pero sí entre fechas de siembra y en la interacción fechas de siembra x híbrido (Cuadro 1). El híbrido RB-3030 presentó un mayor índice de clorofila en la segunda y sexta fecha, con mejores rendimientos en esta última. El híbrido Pioneer-8443 fue más eficiente en clorofila en la cuarta y sexta fecha de siembra, aunque el rendimiento fue mayor en la sexta fecha (Cuadro 2). Tampoco se detectó respuesta del sorgo a la aplicación de brassinoesteroide como ha sucedido en otros cultivos, por lo que se sugiere explorar diferentes dosis y número de aplicaciones en varias etapas fenológicas del sorgo.

Cuadro 2. Comportamiento de híbridos de sorgo en tres fechas de siembra con la aplicación de biofertilizantes (*A. brasilense*, *G. intraradices*, *brassinoesteroide*) en Río Bravo, Tamaulipas, México.

Fecha de siembra	Tratamiento	Índice de Clorofila	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
1	30 Ene x P8443	45.68 b ⁺	2453 d ⁺
1	30 Ene x RB3030	47.88 a	2640 d
1	30 Ene x RB4000	47.76 a	2389 d
2	28 Feb x P8443	46.06 a	2995 c
2	28 Feb x RB3030	44.10 c	2740 c
2	28 Feb x RB4000	43.59 c	2414 d
3	30 Mar x P8443	47.45 a	4037 a
3	30 Mar x RB3030	47.78 a	3653 b
3	30 Mar x RB4000	45.21 b	1524 e
	DMS	1.82	279

⁺ Tratamiento con letras iguales no son estadísticamente diferentes (P ≤ 0.05), según DMS.

El análisis de varianza combinado para características agronómicas en las siete fechas de siembra detectó diferencias estadísticas entre fechas de siembra e híbridos en to-

das las características evaluadas, mientras que entre biofertilizantes el análisis mostró diferencias sólo en longitud de panoja y excursión (datos no mostrados). La interacción entre fechas de siembra e híbridos confirmó que las fechas de siembra afectan el comportamiento de los genotipos (Montes y Aguirre, 1992), pues los híbridos sembrados en las primeras fechas estuvieron sujetos a temperaturas más bajas (12 a 26 °C), en comparación con las fechas posteriores al mes de marzo cuando las temperaturas fluctuaron de 18 a 32 °C y las condiciones de humedad fueron mejores por una precipitación extraordinaria ocurrida en este mes (70 mm). Los híbridos de ciclo intermedio (RB-3030, Pioneer-8443) manifestaron un mejor comportamiento en fechas de marzo o posteriores, por lo que en estas fechas es mejor utilizar este tipo de híbridos pues son menos afectados por las altas temperaturas que los de ciclo tardío. Se observó, además, que ya no es recomendable la siembra de sorgo en el mes de abril, por los bajos rendimientos.

CONCLUSIONES

A pesar de las diferencias ambientales observadas entre fechas de siembra, sólo hubo diferencias significativas en el índice de clorofila para fechas de siembra y en la interacción fechas de siembra x híbrido. Aunque la temperatura aumentó conforme avanzó el ciclo de siembra, esto no mejoró el porcentaje de infección radical micorriza en sorgo. Tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos de biofertilizantes para rendimiento de grano, porcentaje de infección radical y otras características agronómicas evaluadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel F G, A H Mohamedin (2000) Interactions between a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) and *Strep-tomyces* and their effects on sorghum plants. *Biol. Fert. Soils* 32:401-409.
- Alarcón A, R Ferrera-Cerrato (2000) Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. *Agric. Téc. Méx.* 26:191-203.
- Baoling W, H Chantal (2002) Low temperatures reduce root growth but not *Glomus intraradices* mycelium growth. *In:* http://mycorrhiza.ag.utk.edu/latest/icom2/ICOM2_Baoling.htm (03/08/05).
- Baon J B, E Smith S, M Alston A (1994) Phosphorus uptake and growth of barley as affected by soil-temperature and mycorrhizal infection. *J. Plant Nutr.* 17:479-492.
- Bashan Y, G Holguin, R Ferrera-Cerrato (1996) Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos *Azospirillum*. *Terra* 14:159-183.
- Bethlenfalvay G J (1992) Mycorrhizae and crop productivity. *In:* *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. G J Bethlenfalvay, G Linderman R (eds). Special Publication 54. American Society of Agronomy. Madison, WI, U.S.A. pp:1-27.
- Clouse S D, M Sasse J (1998) Brassinoesteroids: Essential regulators of plant growth and development. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49:427-451.
- Irizar G M B, P Vargas V, D Garza G, C Tut C, I Rojas M, A Trujillo C, R García S, D Aguirre M, J C Martínez G, S Alvarado

- M, O Grageda C, J Valero, J F Aguirre M (2003)** Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agríc. Téc. Méx.* 29:213-225.
- Linderman R G (1992)** Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. *In: Micorrhizae in Sustainable Agriculture.* G J Bethlenfalvay, G Linderman R (eds). Special Publication 54. American Society of Agronomy. Madison, WI, U.S.A. pp:45-70.
- Mandava N B (1988)** Plant growth-promoting brassinosteroids. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39:23-52.
- Matus J M, M Valdés, M J F Aguirre (1990)** Capacidad competitiva de cepas de rizobio en la formación de nódulos en *Leucaena leucocephala*. *Pasturas Tropicales* 12(3):22-24.
- Montes G N, J Aguirre R (1992)** Sorgo. *In: Manual de Cultivos del Norte de Tamaulipas.* Patronato para la Investigación Fomento y Sanidad Vegetal, SARH. Matamoros, Tamaulipas, México. pp:54-63.
- Phillips J M, S Hayman D (1970)** Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Myco. Soc.* 55:158-161.
- Ramírez G R, B Luna M (1995)** Simbiosis asociativas. *In: Agromicrobiología, Elemento Util en la Agricultura Sustentable.* R Ferrera-Cerrato, J Pérez M (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. pp:143-165.
- Secretaría de Desarrollo Económico y Empleo de Tamaulipas (2003)** Estimación de la producción del cultivo de sorgo. *In: <http://www.tamaulipas.gob.mx/sedeem/sectores/agropesca/pdfs/sorgo/pdf> (14/06/04).*
- Veeraswamy J, T Padmavathi, K Venkataswarlu (1992)** Interaction effect of *Glomus intraradices* and *Azospirillum lipoferum* on sorghum. *Indian J. Microbiol.* 35:305-308.