

Efectividad de bioinoculantes comerciales y fertilización química reducida en características de planta y productividad de sorgo

Effectiveness of commercial bioinoculants and reduced chemical fertilization on plant characteristics and productivity of sorghum

Arturo Díaz Franco✉ y Casandra Treviño Quintero

Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carr. Matamoros-Reynosa, km 61, Río Bravo, Tamaulipas, C.P. 88900. E-mail: *diaz.arturo@inifap.gob.mx. ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 21/08/2013

Aceptado: 8/12/2013

RESUMEN

Los inoculantes microbianos o bioinoculantes poseen en la actualidad gran importancia ecológica y económica en la agricultura. El estudio contempla conocer la efectividad de tres bioinoculantes comerciales combinados con la mitad de la fertilización química [FQ 50% (50-15-00)], en las características de planta y productividad de sorgo. En madurez, la mayor altura de planta se obtuvo con Micorriza INIFAP y Micorriza INIFAP + FQ 50%; mientras que para el diámetro de tallo y el peso fresco de raíz, todos los tratamientos superaron al testigo. Los mayores valores de longitud de panoja, semillas por panoja y rendimiento, se registraron con Micorriza INIFAP + FQ 50%, Ferbiliq + FQ 50%, Biofertiupap-Sorghum + FQ 50% y FQ 100% (100-30-00). Para el peso de 100 semillas, los mejores tratamientos fueron Micorriza INIFAP + FQ 50%, Ferbiliq + FQ 50% y Biofertiupap-Sorghum + FQ 50%, los cuales fueron competitivos con la FQ 100%. Los resultados indican la posibilidad de reducir el 50% la fertilización química del sorgo en condiciones de riego, mediante la inoculación de Micorriza INIFAP, Ferbiliq o Biofertiupap-Sorghum en la semilla.

Palabras clave: Inoculantes microbianos, *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

Microbial inoculants or bioinoculants currently have great ecological and economic importance in agriculture. The study considers knowing the effectiveness of three commercial bioinoculants combined with half of chemical fertilization [CF 50% (50-15-00)], on plant characteristics and productivity of sorghum. At maturity, the greater plant height was obtained with Mycorrhiza INIFAP and Mycorrhiza INIFAP + CF 50%; while for stem diameter and fresh root weight, all treatments exceeded the control. Higher values of length of panicle, seeds per panicle and grain yield, were

recorded with Mycorrhiza INIFAP + CF 50%, Ferbiliq + 50%, Biofertiup-Sorghum CF + 50% CF and CF 100% (30-100-00). For weight of 100 seeds, the best treatments were Mycorrhiza INIFAP + CF 50%, Ferbiliq + CF 50% and Biofertiup-Sorghum + CF 50%, which were competitive with 100% CF. The results indicate the possibility of reducing 50% chemical fertilization of sorghum under irrigated conditions, by seed inoculation of Mycorrhiza INIFAP, Ferbiliq or Biofertiup-Sorghum.

Key words: Microbial inoculants, *Sorghum bicolor*.

INTRODUCCIÓN

La sobreexplotación de los suelos agrícolas tiene repercusiones ambientales y económicas negativas, que podrían ser irreversibles. Para lo cual es necesario adecuar estrategias en los sistemas de producción para mantener la productividad agrícola y proteger el medio ambiente; los inoculantes microbianos pueden ser componentes dentro de ese manejo (Adesemoye y Kloepper, 2009; Planchette *et al.*, 2005; Sharma *et al.*, 2012).

En México, la mayor superficie de sorgo se ubica en la región norte con 650 mil ha, donde en muchos de los casos el sorgo constituye un monocultivo y casi 30% se siembra en condiciones de riego. Debido al alto costo que representa la fertilización química, cuando se aplica esta práctica en condiciones de riego, por lo general se utilizan dosis bajas. Ante este escenario, se ha enfatizado la necesidad de desarrollar prácticas agronómicas que eleven la productividad de sorgo y promuevan un equilibrio en los agroecosistemas. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue conocer la respuesta del sorgo a bioinoculantes comerciales combinados con la mitad de la fertilización química, en condiciones de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en el Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Río Bravo, Tamaulipas [25°58'16.9" N, 98°01'05.7" O; clima semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año, (A) C x¹ (García, 1973)], el 1 de

febrero de 2011, para el cual se utilizó el híbrido de sorgo 'D 47'[®]. Las características del suelo previo a la siembra fueron: pH 7.8; M.O. 1.5%; N 13.5 ppm; P 13.9 ppm; K 725 ppm; y textura franco-arenoso.

Los tratamientos evaluados fueron: 1) Micorriza INIFAP (*Rhizophagus intraradices*; 500 g ha⁻¹) + 50% de fertilización química (50-15-00); 2) Ferbiliq (600 mL ha⁻¹) (175 x 10⁹ ufc de *Azospirillum brasilense* y 40,000 propágulos de *Rhizophagus intraradices*; Consustenta, S.A. de C.V.) + 50-15-00; 3) Biofertiup-Sorghum (300 g/ha) (5 x 10⁸ ufc de *Azospirillum* spp.; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla) + 50-15-00; 4) 100% de fertilización química (100-30-00); 5) Micorriza INIFAP; 6) testigo absoluto. Los tratamientos se sembraron en dos surcos separados a 0.81 cm, de 4 m de longitud, densidad de 200 mil plantas ha⁻¹ y en diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En hoja bandera se midió el índice de clorofila (n=40), altura de planta, peso fresco y seco de planta y raíz (n=20). Se registraron las fechas de inicio de floración y madurez fisiológica. En madurez fisiológica, se midió la altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco y seco de planta y de raíz (n=20). En la cosecha, los componentes de rendimiento de grano se midieron a través de la longitud de la panoja, el número de semillas por panoja, el peso de 100 semillas (n=24), producción por hectárea y el contenido de proteína en el grano (n=4). Los datos se sometieron a análisis de varianza y separación de medias por Tukey (5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estado de desarrollo de hoja bandera, no se observó efecto estadístico significativo de los tratamientos en las variables medidas (Cuadro 1), lo que significa que hasta esa etapa no fue evidente la influencia de los tratamientos en la planta.

En la etapa de madurez fisiológica, se observó que los tratamientos influyeron significativamente en la altura de planta ($p=0.03$), el diámetro de tallo ($p=0.04$) y en el peso fresco de raíz ($p=0.01$). Para la altura de planta, la Micorriza INIFAP y Micorriza

INIFAP + FQ 50% fueron los tratamientos que registraron la mayor altura; mientras que para el diámetro de tallo y el peso fresco de raíz, todos los tratamientos superaron significativamente al testigo (Cuadro 2). Este efecto podría ser atribuido a la actividad hormonal que promueven algunos inoculantes en las plantas (Redel *et al.*, 2006) y no necesariamente está reflejado en la biomasa foliar (Laei *et al.*, 2011). Contrariamente, Díaz *et al.* (2011; 2013) han registrado incrementos en la biomasa de sorgo, con la inoculación de Micorriza INIFAP, tanto en riego como en temporal.

Cuadro 1. Respuesta de sorgo en estado de hoja bandera a tratamientos de bioinoculantes en combinación con el 50% de fertilización química (FQ).

Tratamiento	CLO*	AP (cm)	PFP (g)	PSP (g)	PFR (g)	PSR (g)	
Micorriza INIFAP + FQ 50%	45.7	76.4	143	30.3	13.0	4.52	
Ferbiliq + FQ 50%	44.8	78.3	131	28.3	12.8	4.12	
Biofertiabuap-Sorghum + FQ 50%	43.4	76.0	135	28.7	13.3	3.76	
FQ 100% (100-30-00)	43.4	78.1	133	27.6	12.4	3.60	
Micorriza INIFAP	41.3	75.6	128	27.6	13.2	3.76	
Testigo absoluto	40.8	74.6	115	25.9	10.3	3.23	
	$P>F=$	0.57	0.43	0.61	0.73	0.59	0.27
	$CV(%)=$	8.3	3.1	15.5	12.8	17.1	14.5

*CLO= Clorofila SPAD; AP= Altura de planta; PFP= Peso fresco de planta; PSP= Peso seco de planta; PFR= Peso fresco de raíz; PSR= Peso seco de raíz.

Cuadro 2. Respuesta de sorgo en estado de madurez fisiológica a tratamientos de bioinoculantes combinados con el 50% de fertilización química (FQ).

Tratamiento	AP (cm)*	DIT (cm)	PFP (g)	PSP (g)	PFR (g)	PSR (g)	
Micorriza INIFAP + FQ 50%	124.2 ab**	16.1 a	261.8	131.6	69.3 ab	26.1	
Ferbiliq + FQ 50%	121.7 bc	15.3 a	256.1	128.6	66.6 ab	25.9	
Biofertiabuap-Sorghum + FQ 50%	121.5 bc	15.0 a	255.6	129.6	66.9 ab	24.5	
FQ 100% (100-30-00)	120.4 bc	15.1 a	268.7	133.6	69.3 ab	24.7	
Micorriza INIFAP	125.6 a	16.6 a	260.0	140.3	81.6 a	28.0	
Testigo absoluto	118.9 c	13.7 b	241.2	120.0	51.3 b	19.2	
	$P>F=$	0.03	0.04	0.85	0.38	0.01	0.13
	$CV(%)=$	9.1	6.6	12.4	10.4	15.9	10.4

* AP= Altura de planta; DIT= Diámetro de tallo; PFP= Peso fresco de planta; PSP= Peso seco de planta; PFR= Peso fresco de raíz; PSR= Peso seco de raíz.

**Tukey nivel 5%.

En el Cuadro 3 se muestran las variables a la cosecha, los mayores valores de longitud de panoja, semillas por panoja y rendimiento, se registraron con Micorriza INIFAP + FQ 50%, Ferbiliq + FQ 50%, Biofertiabuap-Sorghum + FQ 50% y FQ 100% (100-30-00). Para la variable peso de 100 semillas, los mejores tratamientos fueron Micorriza INIFAP + FQ 50%, Ferbiliq + FQ 50% y Biofertiabuap-Sorghum + FQ 50%. Los resultados indicaron la viabilidad de igualar o superar la productividad del sorgo con fertilización tradicional, al combinar la bioinoculación con

la mitad de la fertilización mineral. Esta práctica tendría un impacto benéfico tanto ambiental como económico en los agrosistemas y ha sido revisada por Adesemoye y Kloepper (2009). El contenido de proteína de grano no fue influenciado por los tratamientos (Cuadro 3). De forma similar, Díaz *et al.* (2007), informaron que el contenido de proteína de grano de sorgo no fue incrementado con la micorrización por *Rhizophagus intraradices*, aspersión de brassinoesteroide o fertilización química.

Cuadro 3. Características de cosecha de sorgo influenciada por tratamientos de bioinoculantes en combinación con el 50% de fertilización química (FQ).

Tratamiento	Longitud de panoja (cm)	Semillas Panoja ¹	Peso de 100 semillas	Kg ha ⁻¹	Proteína (%)
Micorriza INIFAP + FQ 50%	28.8 a*	1889 a	2.69 a	7040 a	8.1
Ferbiliq + FQ 50%	28.7 a	1776 ab	2.58 ab	6740 ab	8.0
Biofertiabuap-Sorghum + FQ 50%	28.6 a	1876 a	2.57 ab	6910 a	8.2
FQ 100% (100-30-00)	27.7 ab	1787 ab	2.56 b	6626 ab	8.2
Micorriza INIFAP	27.0 b	1704 b	2.53 b	6518 bc	7.7
Testigo absoluto	26.1 b	1602 c	2.50 b	6030 c	7.1
	<i>P>F=</i>	<i>0.04</i>	<i>0.03</i>	<i>0.002</i>	<i>0.209</i>
	<i>CV(%)=</i>	<i>3.5</i>	<i>10.3</i>	<i>1.3</i>	<i>12.2</i>

*Tukey nivel 5%.

CONCLUSIONES

En hoja bandera, los bioinoculantes comerciales combinados con la mitad de la fertilización química (FQ 50%), no manifestaron efectos con relación al 100% de FQ o testigo absoluto. En madurez, la mayor altura de planta se obtuvo con Micorriza INIFAP y Micorriza INIFAP + FQ 50%; mientras que para el diámetro de tallo y el peso fresco de raíz, todos los tratamientos superaron significativamente al testigo. Los mayores valores de longitud de panoja, semillas por panoja y rendimiento, se registraron con Micorriza INIFAP + FQ 50%, Ferbiliq + FQ

50%, Biofertiabuap-Sorghum + FQ 50% y FQ 100% (100-30-00). Para el peso de 100 semillas, los mejores tratamientos fueron Micorriza INIFAP + FQ 50%, Ferbiliq + FQ 50% y Biofertiabuap-Sorghum + FQ 50%. Los resultados indican que la Micorriza INIFAP, Ferbiliq o Biofertiabuap-Sorghum en la semilla, igualaron o superaron a FQ 100%, en las variables medidas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo mediante el proyecto SAGARPA 'Impulso a nuevos productos y procesos de la bioeconomía y de

investigación, transferencia de tecnología y uso de biocombustibles, biofertilizantes y abonos orgánicos’.

LITERATURA CITADA

- Adesemoye, A.O. and J.M. Kloepper. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 85:1-12.
- Al-Karaki, B., C. McMichael and J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza* 14:263-269.
- Clark, R., W.R. Zobel and K.S. Zeto. 1999. Effects of mycorrhizal fungus isolates on mineral acquisition by *Panicum virgatum* in acidic soil. *Mycorrhiza* 9:167-176.
- Cornejo, P., R. Rubio, C. Castillo, R. Azcón and F. Borie. 2008. Mycorrhizal effectiveness on wheat nutrient acquisition in an acidic soil from southern Chile as affected by nitrogen sources. *J. Plant Nutr.* 31:1555-1569.
- Díaz-Franco, A., V. Pecina-Quintero, N. Montes-García, I. Garza-Cano y J. Jaques-Hernández. 2011. Impacto de inoculantes microbianos en sorgo cultivado bajo déficit de humedad en el suelo. *In: Retos de la Investigación del Agua en México.* Oswald, U. (ed.). CRIM-UNAM, CONACYT. México. pp. 273-281.
- Díaz-Franco, A., H. Cortinas-Escobar, J. Valadez-Gutiérrez, M. De la Garza-Caballero y Peña del Río, M.A. 2013. Micorriza arbuscular en sorgo bajo diferente manejo agrotecnológico y ambiental. *Rev. Mex. Cien. Agr.* 4:215-228.
- Díaz-Moreno R., A. Díaz-Franco, I. Garza-Cano y A. Ramírez-León. 2007. Brassinoesteroides e inoculación de micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*) en el crecimiento y producción de sorgo en campo. *Terra Latinoamericana* 25:77-83.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Koppen. 2ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 p.
- Laei, G., M.H. Khajehzadeh, H. Afshari, A. Ghaffar and H. Abbaspour. 2011. Effect of mycorrhiza symbiosis on the NaCl salinity in *Sorghum bicolor*. *Afr. J. Biotechnol.* 10:7796-7804.
- Plenchette, C., C.C. Dauphin, J.M. Maynard and J.A. Fortin. 2005. Managing arbuscular mycorrhizal fungi in cropping systems. *Can. J. Plant Sci.* 85:31-40.
- Redel, Y., R. Rubio and F. Boire. 2006. Effect of addition of crop residues and mycorrhizal fungi on wheat growth and the chemical and biological parameters of an andisol. *Agr. Téc.* 66:174-184.
- Sharma, S., R. Gupta, G. Dugar and A. Srivastava. 2012. Impact of application of biofertilizers on soil structure and resident microbial community structure and function. *In: D.K. Maheshwari (ed.). Bacteria in Agrobiolgy: Plant Probiotics.* Hauz Khas, New Delhi. pp. 65-79.