

## EFFECTO DE INOCULACIÓN CON *Azospirillum brasilense* y FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE CANOLA (*Brassica napus*)

### EFFECT OF INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense* AND CHEMICAL FERTILIZATION ON CANOLA (*Brassica napus*) GROWTH AND YIELD

Arturo Díaz Franco\* y Alfredo S. Ortegón Morales

Investigadores del Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Apdo. Postal No. 172, C.P. 88900, Río Bravo, Tam., México. Correo electrónico: diaz.arturo@inifap.gob.mx

\* Autor para correspondencia

#### RESUMEN

La canola (*Brassica napus*) es un cultivo de reciente introducción en la región semiárida del norte de Tamaulipas, México. Se realizaron estudios de campo durante tres años (2001-2003), dos en condiciones de temporal y uno con riego restringido (un riego). En los tres años se evaluó la influencia de la inoculación por *Azospirillum brasilense* (Ab) y la fertilización química (100 y 60 kg ha<sup>-1</sup> de N y P, respectivamente) (Fq), en el crecimiento y rendimiento de canola (Hyola 401). En el temporal de 2002 se adicionó el tratamiento Ab + 50 % de Fq, y en riego restringido de 2003 se evaluaron hasta tres aspersiones de fertilizante foliar (Grofol®, 2 L ha<sup>-1</sup>) (Ff), en los cultivares IMC-104 y Hyola 401. Ab y Fq no tuvieron influencia en la biomasa aérea seca ni en el rendimiento de grano de Hyola 401, en las dos condiciones de humedad. En el experimento de 2003 con riego restringido, los tratamientos Ab, Fq y tres aspersiones de Ff solamente incrementaron ( $P \leq 0.05$ ) la biomasa aérea seca. Los resultados demostraron que Ab, Fq y Ff, no influyeron en la productividad de canola cultivada en condiciones limitadas de humedad en el suelo.

**Palabras clave:** *Brassica napus*, rizobacteria promotora de crecimiento, producción, condiciones semiáridas.

#### SUMMARY

Canola (*Brassica napus*) is a crop of recent introduction in the semiarid region of northern Tamaulipas, Mexico. Field studies were conducted during three years (2001-2003), two on dryland and other one on restricted irrigation (one irrigation). In this period the influence of inoculation with *Azospirillum brasilense* (Ab) and chemical fertilization (100 and 60 kg ha<sup>-1</sup> of N and P, respectively) (Fq), were conducted on growth and grain yield of canola (Hyola 401). In dryland 2002 the treatment Ab + 50 % of Fq was added, and under restricted irrigation in 2003 it was up to three foliar fertilization applications (Grofol®, 2 L ha<sup>-1</sup>) (Ff), were evaluated on IMC-104 and Hyola 401 cultivars. Ab and Fq did not have any influence on above-ground biomass and grain yield in Hyola 401, and in both soil moisture conditions. In experiment in 2003 with restricted irrigation, Ab, Fq and three applications of Ff, produce an increase ( $P \leq 0.05$ ) of the above-ground biomass. These results showed that canola productivity was not influenced by Ab, Fq and Ff, under limited soil moisture conditions.

**Index words:** *Brassica napus*, plant growth promoting rhizobacteria, production, semiarid conditions.

#### INTRODUCCIÓN

En México la canola (*Brassica napus* L.) es un cultivo de reciente introducción, cuya producción comercial se inició en el año 2000 en los estados de Tamaulipas, Sonora, Tlaxcala y México, con tecnología canadiense y adaptada al manejo agronómico de esas entidades (Ortegón y Escobedo, 1994; Ortégón, 2004; Muñoz *et al.*, 1999). En los últimos años la demanda mundial de aceite de canola ha crecido de manera importante ya que se encuentra entre los 10 mejores aceites comestibles. Actualmente ocupa la tercera fuente de aceite comestible en el mundo después del de soya (*Glycine max* L. Merr.) y de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.) (Small, 1999). En Estados Unidos, durante 1998 la producción de canola se triplicó, con una superficie aproximada de 500 mil hectáreas, pero su consumo también fue tres veces mayor (Rife, 2001). Por su parte, la industria aceitera en México ha realizado importaciones de grano de Canadá por más de 800 mil toneladas anuales (Ortegón *et al.*, 2002).

En la región semiárida del norte de Tamaulipas, se ha seleccionado al híbrido de canola Hyola 401 por su capacidad de adaptación, y por su potencial para contribuir a la diversificación de cultivos, debido a que el sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es el monocultivo de la región (Ortegón *et al.*, 2002). En esta región, las prolongadas sequías de los últimos años han hecho que áreas de riego se integren al temporal o secano y las que quedan de riego tengan severas restricciones de agua. Los suelos de esta región son en general deficientes en N, P y materia orgánica (Durán, 1992), por lo que la necesidad nutricional de

los cultivos se maneja mediante la fertilización química y fertilización foliar. La información científica sobre fertilización química en canola es limitada; Muñoz *et al.* (1999) encontraron respuesta de la canola con dosis de 90-120 kg ha<sup>-1</sup> de N y de 10-50 kg ha<sup>-1</sup> de P, para el sur de Sonora, mientras que para el norte de Tamaulipas, Ortegón y Escobedo (1994) recomendaron adicionar de 100 y 60 kg ha<sup>-1</sup> de N y P, respectivamente. No existen antecedentes sobre la fertilización foliar en canola.

Se ha puesto especial interés a la actividad simbiótica de microorganismos del suelo, por su capacidad de promover el crecimiento y la producción de los cultivos, como agentes de fertilización biológica. En particular, con la inoculación de la rizobacteria *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg *et Dobereiner*, una de las más estudiadas, se han reportado incrementos significativos de rendimiento en plantas de importancia agrícola (Bashan *et al.*, 1996; Dobbelaere *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2002); en canola no existen precedentes. Mendoza *et al.* (2004) seleccionaron la cepa nativa CBG-497 de *A. brasilense*, la cual incrementó el rendimiento de grano de sorgo entre 5 % y 23 %, en parcelas establecidas en la zona norte de Tamaulipas. El efecto benéfico de *A. brasilense* en las plantas se atribuye a su capacidad de fijar N<sub>2</sub>, producir fitohormonas y sideróforos, solubilización del P, y promover la síntesis de enzimas que modifican los niveles de fitohormonas (Loredo *et al.*, 2004).

El propósito del presente estudio fue el determinar la efectividad de *A. brasilense* y la fertilización química, en el crecimiento y rendimiento de canola en campo, particularmente bajo condiciones limitadas de humedad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Condiciones experimentales

Una serie de tres experimentos de campo fueron establecidos durante los años 2001 al 2003. Los sitios considerados fueron dos localidades con régimen hídrico de temporal, "El Vaso", Matamoros, Tam. y el Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CERIB/A), Río Bravo, Tam., más una localidad con "riego restringido", esto es con sólo un riego de auxilio, en la localidad CERIB/B. En todos los casos se realizaron análisis físicos y químicos de los suelos, provenientes de muestras a la profundidad 0-30 cm colectadas en presiembra. El pH fue determinado en una extracción de suelo-agua mediante potenciómetro; la materia orgánica se midió por oxidación con dicromato de potasio; el N inorgánico (NO<sub>3</sub>-N) se determinó mediante el método de reducción del cadmio; el P se midió con el método de Olsen (extracción con bicarbonato de sodio); y el

K (extraído con acetato de amonio) se determinó con el método de cobaltonitrito (Plenecassagne *et al.*, 1999). En cada ciclo del cultivo se registraron las precipitaciones presentes.

En todos los experimentos las fuentes de N y P fueron urea y superfosfato de calcio triple, respectivamente; estos elementos se incorporaron lateralmente en el surco al momento de la siembra. Se siguieron las prácticas agronómicas de canola indicadas para la región (Ortegón, 2004); en la localidad CERIB/B 2003 el riego de auxilio se aplicó en floración.

**Temporal 2001.** El primer experimento se estableció el 19 de diciembre de 2001 en la localidad "El Vaso", con el híbrido de canola Hyola 401 sembrado en forma manual a una profundidad aproximada de 5 cm y una cantidad de semilla de 2 kg ha<sup>-1</sup>, para obtener una población final de 17-20 plantas/m lineal. Las parcelas fueron de cuatro surcos de 0.82 m y 5 m de longitud. Los tratamientos evaluados fueron: a) Inoculación de semilla con turba de *Azospirillum brasilense* (cepa CBG-497), a razón 0.4 kg ha<sup>-1</sup> (1 x 10<sup>8</sup> bacterias/g); b) Fertilización química, mediante la adición de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N y 60 kg ha<sup>-1</sup> de P (Ortegón y Escobedo, 1994); y c) Testigo absoluto. Cada tratamiento se repitió cuatro veces en un diseño de bloques al azar. La información obtenida de cinco plantas individuales con competencia completa y seleccionadas dentro de la parcela experimental, fue el peso de biomasa aérea seca (BAS), de biomasa de raíz y el rendimiento de grano por planta (GP); además se calculó el rendimiento de grano por hectárea (kg ha<sup>-1</sup>) con los datos obtenidos de la totalidad de las plantas en la parcela experimental.

**Temporal 2002.** El segundo experimento de temporal se estableció el 28 de noviembre del 2002 en la localidad CERIB/A, bajo las mismas características de siembra, genotipo y parcela experimental que el anterior. Los tratamientos estudiados fueron los mismos señalados anteriormente, más uno adicional que consistió en la combinación de la inoculación con *A. brasilense* y 50 % de la fertilización química, 50 y 30 kg ha<sup>-1</sup> de N y P, respectivamente. Los datos obtenidos fueron el índice de clorofila (IC) durante la floración, medida en un muestreo de las hojas superiores con el determinador portátil Minolta SPAD 501. Al momento de la madurez se midió la altura de planta (AP), el diámetro de tallo (DT), el peso de BAS, el peso de GP y el rendimiento total de grano (kg ha<sup>-1</sup>).

**Riego restringido 2003.** El ensayo se realizó en la localidad CERIB/B y la fecha de siembra fue el 17 de noviembre de 2003. Se utilizaron dos híbridos de canola, IMC-104 y Hyola 401, como parcelas grandes. Los tratamientos considerados (parcelas chicas) fueron: a)

Inoculación de la semilla con *A. brasilense*; b) Fertilización química, con la adición de 100 y 60 kg ha<sup>-1</sup> de N y P, respectivamente; c) Fertilización foliar (Ff), una aspersión durante el estado de roseta (12-enero, 2004); d) Ff, con dos aspersiones, en roseta y en yema (26-enero); e) Ff, con tres aspersiones, en roseta, en yema e inicio de floración (5-febrero); y f) Testigo absoluto. El fertilizante foliar utilizado fue Grofol®, el cual se aplicó a razón de 2 L ha<sup>-1</sup> con bomba de mochila. La composición química según el fabricante comprende de N (200 mg L<sup>-1</sup>), P (300 mg L<sup>-1</sup>), K (100 mg L<sup>-1</sup>), S (480 mg L<sup>-1</sup>), Fe (250 mg L<sup>-1</sup>), Zn (250 mg L<sup>-1</sup>), Mn (125 mg L<sup>-1</sup>), Ca (65 mg L<sup>-1</sup>), Mg (65 mg L<sup>-1</sup>), Cu (65 mg L<sup>-1</sup>), B (65 mg L<sup>-1</sup>) y Co (12 mg L<sup>-1</sup>). Los tratamientos se sembraron también de forma manual y cada uno ocupó una superficie de dos surcos de 0.82 m por 4 m de longitud. El arreglo experimental fue parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las variables estudiadas fueron las mismas registradas en el ensayo de temporal de 2002.

### Análisis estadísticos

La información obtenida se sometió al análisis de varianza individual, por experimento y a la comparación múltiple de medias por diferencia mínima significativa (DMS;  $P \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico Statgraphics Plus 3.1 (1997).

La respuesta de la canola en el híbrido Hyola 401 a los tratamientos de inoculación a la semilla con *A. brasilense* y la fertilización química con la fórmula 100N-60P-00K, ambos consistentes en los tres ambientes (años y régimen hídrico), se midió con las variables BAS, GP y rendimiento. Para tal propósito los datos se sometieron a análisis combinado y la comparación múltiple de medias por DMS ( $P \leq 0.05$ ) con el paquete Statgraphics Plus 3.1 (1997).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos de los sitios experimentales son ligeramente alcalinos, con un contenido medio bajo de materia orgánica, N y P, y altos en K, de textura arcillosa en el CERIB y migajón arenoso en "El Vaso" (Cuadro 1). La precipitación durante el ciclo en la localidad de "El Vaso", fue de 46 mm, en CERIB/A de 125 mm y en CERIB/B de 75 mm.

**Temporal 2001.** En la localidad "El Vaso", el análisis de varianza de la información registrada indicó que no hubo diferencias significativas en las variables biomasa aérea seca, biomasa de raíz, ni en el rendimiento de grano por planta y total (kg ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 2). Es decir, *A. brasilense* y la fertilización química no tuvieron influencia en el crecimiento y en el rendimiento de la canola, en un ciclo con sequía severa.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los suelos en las localidades del estudio.

Determinación	Localidades <sup>¶</sup>		
	"El Vaso"	CERIB/A	CERIB/B
PH	8.1	8.0	7.9
Materia orgánica (%)	1.7	2.0	2.5
NO <sub>3</sub> -N (mg kg <sup>-1</sup> )	14.4	15.8	19.2
P (mg kg <sup>-1</sup> )	10.3	11.0	12.0
K (mg kg <sup>-1</sup> )	520	480	463
Textura	Migajón arenosa	Arcillosa	Arcillosa
Precipitación total (mm)	46	125	225 <sup>¶¶</sup>

¶ CERIB = Campo Experimental Río Bravo, INIFAP; A = Secano; B = Con un riego.

¶¶ Precipitación + riego.

Cuadro 2. Inoculación a la semilla con *A. brasilense* y fertilización química asociados a las características de canola, Hyola 401, en la localidad "El Vaso", 2001.

Tratamiento	Peso (g)		Rendimiento	
	BAS <sup>¶</sup>	Biomasa de raíz	GP (g) <sup>¶¶</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>
<i>A. brasilense</i>	45.2	12.7	10.3	1020
100N-60P-00K	46.6	13.4	10.7	1065
Testigo	41.8	11.5	8.1	987
<b>Significancia F</b>	ns	ns	ns	ns

¶ BAS = biomasa aérea seca; ¶¶ GP = grano por planta.

¶¶¶ No significativo a nivel de  $P \leq 0.05$ .

**Temporal 2002.** En el sitio CERIB/A con excepción del peso de biomasa aérea seca, donde se manifestó significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ), los tratamientos no influyeron en índice de clorofila, altura de planta, diámetro de tallo, peso de grano por planta y rendimiento de grano total (kg ha<sup>-1</sup>). Por el contrario, la fertilización química con la fórmula 100N-60P-00K, incrementó significativamente el peso de biomasa aérea seca, seguido por la combinación de *A. brasilense* más 50 % de la fertilización química citada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Inoculación a la semilla con *A. brasilense* y fertilización química asociados a las características de la canola Hyola 401, en la localidad CERIB/A, 2002.

Tratamiento	Variables <sup>¶</sup>					
	IC	AP (cm)	DT (cm)	BAS <sup>¶¶</sup> (g)	GP (g)	R (kg ha <sup>-1</sup> )
<i>A. brasilense</i> (Ab)	46.7	115	1.0	33.1b	11.4	1318
100N-60P-00K (F)	47.0	116	1.1	38.5 a	14.1	1402
Ab + 50% F	46.2	114	0.9	35.7 ab	12.8	1360
Testigo	46.5	112	1.0	32.0 b	11.8	1305
<b>Significancia F</b>	ns	ns	ns	*	ns	ns

¶ IC = índice de clorofila; AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; BAS = biomasa aérea seca; GP = grano por planta; y R = rendimiento.

¶¶ Valores con la misma letra no difieren a nivel de  $P \leq 0.05$ , con DMS.

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

**Riego restringido 2003.** En la localidad CERIB/B los tratamientos no tuvieron influencia significativa en índice de clorofila, altura de planta, diámetro de tallo, ni en el rendimiento de grano por planta y kg ha<sup>-1</sup>, en los dos

híbridos de canola. Solamente el peso de biomasa aérea seca mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), resultados que son semejantes a los del temporal de 2002. Aquí, la rizobacteria, la fertilización química y la fertilización foliar con tres aspersiones, incrementaron la biomasa aérea seca de una manera similar, que en promedio fue de 30 % respecto al testigo (Cuadro 4). La fertilización foliar tampoco ha resultado efectiva en otros cultivos como brócoli (*Brassica oleracea* L.) y oca [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] (Díaz y Ortegón, 1995; Díaz y Ortegón, 1999). Shuler y Hochmuth (1990) y Díaz y Ortegón (1999) concluyeron que la aplicación de fertilizantes foliares se justifica sólo cuando alguna deficiencia nutrimental haya sido adecuadamente diagnosticada en el cultivo.

Cuadro 4. Fertilización química y foliar e inoculación a la semilla con *A. brasilense* asociados a las características de planta en los cultivares IMC-104 y Hyola 401 de la localidad CERIB/B, 2003.

Factores	Variables <sup>¶</sup>					
	IC	AP (cm)	DT (cm)	BAS (g) <sup>¶¶¶</sup>	GP (g)	R (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Tratamiento(T)</b>						
<i>A. brasilense</i>	49.8	106	1.0	40.1a	14.9	1390
100-60-00	49.3	103	1.1	43.0 a	15.7	1408
Fert. foliar 1 <sup>¶¶</sup>	47.8	104	1.0	31.7 b	13.9	1298
Fert. foliar 2	49.7	100	1.1	33.0 b	14.0	1330
Fert. foliar 3	48.8	101	1.2	39.2 a	15.4	1396
Testigo	48.7	100	1.1	31.3 b	15.0	1302
<b>Significancia F</b>	ns	ns	ns	*	ns	ns
<b>Híbrido (H)</b>						
IMC-104	48.8	104	1.0	38.9	14.7	1069
Hyola 401	49.4	100	1.1	40.5	19.8	1610
<b>Significancia F</b>	ns	ns	ns	ns	**	**
<b>T x H</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¶ IC= índice de clorofila; AP= altura de planta; DT= diámetro de tallo; BAS= biomasa aérea seca; GP= grano por planta; y R= rendimiento.

¶¶ Número de aspersiones foliares.

¶¶¶ Valores con la misma letra no difieren a nivel de  $P \leq 0.05$ , con DMS.

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

No se observaron interacciones significativas entre los tratamientos y los cultivares de canola para las variables estudiadas, lo que indica que los dos factores son independientes. Ambos cultivares registraron similitud en índice de clorofila, altura de planta, diámetro de tallo y biomasa aérea seca, sin embargo, el híbrido Hyola 401 superó al IMC-104 en peso de grano por planta y en kg ha<sup>-1</sup> ( $P \leq 0.01$ ) (Cuadro 4). Ortegón *et al.* (2002) y Muñoz *et al.* (2002) destacaron a Hyola 401 como un híbrido sobresaliente para las condiciones de los estados de Tamaulipas y Sonora.

**Temporal y riego restringido en los tres años.** El análisis combinado de los experimentos en el periodo 2001-2003, considerados como ambientes, indicó que la inoculación de la semilla con la rizobacteria o la adición al suelo de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N y 60 kg ha<sup>-1</sup> de P, no influyeron en las variables biomasa aérea seca, peso de grano por planta y kg ha<sup>-1</sup> en el híbrido de canola Hyola 401 (Cuadro

5). También se ha informado ausencia de respuesta en cultivos regionales con la fertilización química. Por ejemplo, Wiedenfeld y Braverman (1991) concluyeron que la fertilización nitrogenada no incrementó el rendimiento de chile morrón (*Capsicum annuum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en el sur de Texas y Díaz *et al.* (2004) informaron sobre la inconsistencia en el incremento del rendimiento de sorgo con la fertilización química en el norte de Tamaulipas. La ausencia de respuesta de la canola a la fertilización química en el presente estudio en particular, podría ser atribuida a que el manejo se realizó bajo limitaciones de humedad en el suelo (Gutiérrez y Luna, 2002; Palomo *et al.*, 2004). No obstante, la respuesta de los cultivos a la fertilización es influenciada por múltiples factores, entre los que destacan las condiciones climáticas, épocas de aplicación (Wiedenfeld, 1994), y la eficiencia del genotipo en la absorción de nutrientes (Purcino *et al.*, 1996). Es importante entonces esclarecer el fenómeno para evitar que la fertilización química tenga repercusiones económicas negativas por la ineficacia de la práctica, y como fuente potencial de contaminación del suelo y agua.

Cuadro 5. Inoculación a la semilla con *A. brasilense* y fertilización química asociados con el rendimiento de canola (Hyola 401) en los tres años y condiciones hídricas (ambientes).

Factores	Variables <sup>¶</sup>		
	BAS (g)	GP (g)	R (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Tratamiento (T)</b>			
<i>A. brasilense</i>	39.4	12.3	1339
100N-60P-00K	41.3	13.1	1341
Testigo	37.8	11.4	1271
<b>Significancia F</b>	ns	ns	ns
<b>Ambiente (A)</b>			
El Vaso (2001)	44.5 a <sup>¶¶</sup>	9.7 c	1024 b
CERIB/A (2002)	34.5 b	12.4 b	1341 ab
CERIB/B (2003)	40.7 a	19.7 a	1586 a
<b>Significancia F</b>	*	**	*
<b>T x A</b>	ns	ns	ns

¶BAS, biomasa aérea seca; GP, peso de grano por planta; y R, rendimiento.

¶¶ Valores unidos con la misma letra no difieren a nivel de  $P \leq 0.05$  con DMS.

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

Con relación a la fertilización biológica, los resultados indicaron que la inoculación de la canola con la rizobacteria *A. brasilense* (CBG-497), no mostró influencia en el crecimiento y en rendimiento (Cuadro 5). Aunque existen numerosos ejemplos exitosos sobre la efectividad de *A. brasilense* en diferentes cultivos (Bashan *et al.*, 1996; Dobbelaere *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2002; Mendoza *et al.*, 2004), un problema crucial en los experimentos de campo, es la frecuente inconsistencia de la respuesta de la planta a la inoculación, de manera que no es posible generalizar su efectividad (Bashan *et al.*, 1996).

Entre los ambientes o condiciones experimentales en el presente estudio, el híbrido Hyola 401 manifestó variaciones significativas ( $P \leq 0.01$  ó 0.05) en las variables

biomasa aérea seca, peso de grano por planta y kg ha<sup>-1</sup>. Como era de esperarse, la mejor condición de humedad por el riego de auxilio aplicado en la localidad CERIB/B, impactó favorablemente el rendimiento de grano por planta y el rendimiento total (kg ha<sup>-1</sup>). El mayor peso de biomasa aérea seca se registró en las localidades CERIB/B y en “El Vaso”. No se detectaron diferencias significativas en las variables para la interacción tratamiento y ambiente, lo cual muestra que los efectos de los factores en el estudio son independientes y que las variaciones ambientales no influyeron en la interacción (Cuadro 5).

### CONCLUSIONES

En condiciones limitadas de humedad de la región semiárida del norte de Tamaulipas, tanto la inoculación de la semilla con *A. brasilense* como la fertilización química (100N-60P-00K) no tuvieron impacto en el peso de biomasa aérea seca, peso de grano por planta y rendimiento total en el híbrido de canola Hyola 401.

En dos de los tres años de estudio (2002 y 2003), la fertilización química incrementó solamente el peso de biomasa aérea seca, mientras que *A. brasilense* lo hizo en un año (2003). Similarmente, tres aspersiones foliares del fertilizante foliar (Grofol®) incrementaron sólo el peso de biomasa aérea seca en 2003.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero de CONACYT-SIREYES a través del proyecto 19980601010, y a la Fundación Produce Tamaulipas, A.C. A Juan Olvera Martínez, Julián Robles Cervantes y Francisco García Martínez, por su colaboración en los trabajos de campo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Bashan Y, G Holguín, R Ferrera-Cerrato (1996)** Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos I. *Azospirillum*. Terra 14(2):159-193.
- Díaz F A, A Ortigón M (1995)** Producción de brócoli y su relación con fertilización foliar y fecha de siembra. Biotam 7(1):17-20.
- Díaz F A, A Ortigón M (1999)** Relación entre la fertilización foliar y el rendimiento del fruto de oca (*Abelmoschus esculentus*). Agron. Mesoam. 10(1):17-21.
- Díaz F A, I Garza C, V Pecina Q, A Magallanes E (2004)** Inoculación de micorriza arbuscular en sorgo: Práctica de producción sostenible. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Folleto Técnico No. 30. México. 20 p.
- Dobbelaere S A, A Croonenborghs, D Thys, D Ptacek, C Labandera G, J Caballero M, J Aguirre, S Burdman, S Sang, J Okon (2001)** Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. Aust. J. Plant Physiol. 28(9):871-879.
- Durán A M (1992)** Suelos. In: Manual de Cultivos del Norte de Tamaulipas. SARH-Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal. L Hess M, D Pérez D (eds). México. pp:11-16.
- Gutiérrez S J, M Luna F (2002)** Riego, densidad de plantas y fertilización nitrogenada en producción de maíz híbrido en Zacatecas. Agr. Téc. Méx. 28(2):95-103.
- Hernández Y, A García O, M Ramón (2002)** Use of soil microorganisms in crops of interest for livestock production. Cuban J. Agric. Sci. 35(2):81-92.
- Loredo O C, L López R, D Espinosa V (2004)** Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. Terra 22(2):225-239.
- Mendoza H, A Cruz M, C Hernández J (2004)** Aislamiento, selección, producción y evaluación de un inoculante basado en cepas nativas de *Azospirillum* en el norte de Tamaulipas. In: Memoria Simposio de Biofertilización. A Díaz F, N Mayek P, A Mendoza H, N Maldonado M (eds). Río Bravo, Tam. México. pp:87-101.
- Muñoz V S, G Buzza, R Avalos (2002)** Performance of canola in southern Sonora, Mexico. In: Trends in New Crops and New Uses. J Janick, A Whipkey (eds). ASHS Press, Alexandria, VA. pp:131-134.
- Muñoz V S, A Morales C, J Ortiz E, J Cortes J, E Contreras C (1999)** Guía para Producir Canola en el Sur de Sonora. Campo Experimental Valle del Yaqui, INIFAP. Folleto No. 33. México. 28 p.
- Ortegón M A S (2004)** Canola, Guía para su Producción en el Norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP y Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal. Desplegable No. 1. México.
- Ortegón M A S, A Díaz F, A Rodríguez C (2002)** Rendimiento de híbridos de canola (*Brassica napus* L.) en diferentes métodos de siembra. Agr. Téc. Méx. 28(2):151-158.
- Ortegón M A S, A Escobedo M (1994)** Canola, Linaza y Crambe, Oleaginosas de Invierno como Alternativas para la Diversificación de la Agricultura en el Norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Folleto No. 12. México. 16 p.
- Palomo G A, A Gaytán M, R Faz C, D Reta S, E Gutiérrez R (2004)** Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. Terra 22(3):299-305.
- Plenecassagne A, E Romero F, C López B (1999)** Manual de Laboratorio: Análisis de Suelo, Planta y Agua. INIFAP-ORSTOM. 173 p.
- Purcino A A, R Paiva E, M Silva, R Andrade S (1996)** Influence of *Azospirillum* inoculation and nitrogen supply on grain yield and carbon- and nitrogen-assimilating enzymes in maize. J. Plant Nutr. 19(7):1045-1060.
- Rife C (2001)** Department Report: 2000 National Winter Canola Variety Trial. Kansas State University, Agr. Experimental Station and Coop. Ext. Serv., Manhattan, KS.
- Shuler K D, J G Hochmuth (1990)** Fertilization Guide for Vegetables Grown in Fullbed Mulch Culture. Florida Coop. Ext. Serv./Inst. Food & Agric. Sci., University of Florida. Circular 854.
- Small E (1999)** New crops for Canadian agriculture. In: Perspectives on New Crops and New Uses. J Janick (ed). ASHS Press, Alexandria, VA. pp:15-52.
- Statgraphics Plus 3.1 (1997)** Manugistics, Inc. 2115 East, Jefferson Street. Rockville, M.D. 20876. USA.
- Wiedefeld R (1994)** Nitrogen rate and timing effects on onion growth and nutrient uptake in a subtropical climate. Subtrop. Plant Sci. 46(1):32-37.
- Wiedefeld R, M Braverman (1991)** Fertilizer nitrogen sources for vegetable production. Subtrop. Plant Sci. 44(1):33-36.