

Esto coincidiría con la bibliografía consultada, de la cual se puede concluir que para la mayoría de las situaciones de cultivo (aún para los más exigentes como la canola), no serían necesarios más de 15 a 20 kg de S ha<sup>-1</sup>, y que cantidades adicionales, en algunos casos, determinarían pérdidas de potencial. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por García (2003) trabajando en INIA La Estanzuela con Trigo pan y Díaz Zorita (1998) en el oeste de Buenos Aires con canola.

### Consideraciones Finales

Si bien los resultados mostrados forman parte de un ensayo aislado, explican el principal problema agronómico que ha enfrentado el cultivo de colza en la zona. Hasta el momento la fertilización azufrada no estaba siendo tenida en cuenta por los asesores y productores locales, y esto seguramente estuviera limitando los potenciales de rendimiento de todos los cultivos sembrados. La diferencia es que el cultivo de colza ha mostrado ser extremadamente sensible a la deficiencia de este nutriente, llegando a no producir grano en condiciones de deficiencia severa. Hasta que la investigación en su conjunto no logre identificar un estimador objetivo de la respuesta probable al agregado de S, al menos para la producción de colza

en la zona del litoral norte de Uruguay se sugiere considerar el agregado sistemático a siembra de S.

### Agradecimientos

El trabajo fue realizado en una chacra asesorada por Unicampo Uruguay SRL y el trabajo experimental fue financiado con recursos de esta empresa.

### Bibliografía

- Ciampitti, I.A. y F. García.** 2009. Requerimientos Nutricionales. Absorción y Extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, Oleaginosos e Industriales. IPNI. Disponible en <http://www.ipni.net/lasc>
- Díaz Zorita, M.; G. Grosso G. y O. Peralta.** 1998. Nitrógeno y azufre en cultivos de canola en el oeste bonaerense. Actas III Reunión Nacional de Oleaginosos Bahía Blanca. 2003-2004
- García, A.** 2002. Respuesta a la fertilización con Azufre en trigo pan. In: Jornada de Cultivos de Invierno. Serie AD Nro 282. INIA - LA Estanzuela.
- McGrath, S.P. y F.J. Zhao.** 1996. Sulphur uptake, yield response and the interactions between N and S in winter oilseed rape (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science (Cambridge) 126: 53-62.
- Morón, A.** 2005. Informe de la red de Fertilización de Soja 2002-03. In: Jornada Técnica de Cultivos de Verano. Serie AD. Nro 417. INIA - La Estanzuela.
- Schnug, E. y S. Haneklaus.** 1998. Diagnosis of sulphur nutrition. In: E. Schnug (ed.) Sulphur in Agroecosystems, Kluwer Academic Publishers, 1-38 pp.
- Tisdale, S.L.; W.L. Nelson y J.D. Beaton.** 1985. Soil and fertilizer sulfur, calcium and magnesium. In: Soil fertility and fertilizers. Capítulo 8. p 292-328. ■

## EFFECTO DE DIFERENTES COMBINACIONES DE NITRÓGENO Y AZUFRE SOBRE EL CULTIVO DE SORGO GRANÍFERO (CAMPAÑA 2008/09)

Hugo Fontanetto <sup>1</sup>, Oscar Keller <sup>1</sup>, Leandro Belotti <sup>2</sup>, Carlos Negro <sup>2</sup> y Dino Giailevra <sup>2</sup>

<sup>1</sup>EEA INTA Rafaela, Santa Fe, Argentina - [hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar](mailto:hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar); <sup>2</sup>Actividad privada

### Introducción

A nivel mundial, con una producción de 60 millones de toneladas, la producción de sorgo ocupa el quinto lugar entre los cereales luego del arroz, el maíz, el trigo y la cebada. En un comercio internacional de 6 millones de toneladas, los Estados Unidos de América (principal exportador), dominan un 70% del mercado. Por lo mencionado, la producción de sorgo puede ser ventajosa para países como Argentina, donde el cultivo ha mostrado una gran adaptación a sus diferentes áreas productivas.

Por otra parte, el uso de especies gramíneas que aportan un alto volumen de rastrojo es clave para la estabilidad de los sistemas agrícolas. La inclusión del sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] en las rotaciones agrícolas, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, debido al gran aporte de residuos de cosecha. Adicionalmente, la presencia del sorgo en las secuencias contribuye a controlar la erosión hídrica y a la fijación de carbono.

En el Norte de la Región Pampeana, el sorgo compete en la rotación con otros cultivos estivales y puede ser implantado en zonas donde el maíz no es rentable

debido a la ocurrencia de sequías durante el período crítico del cultivo y su grano puede reemplazar o complementar al grano de maíz en la elaboración de alimentos balanceados.

Otra ventaja que tiene este cultivo en relación a la soja es su menor exportación de nutrientes del sistema y su mayor aporte de rastrojos. Sin embargo, las bajas producciones obtenidas, debidas principalmente a serias limitantes de índole nutricional, limitan la obtención de rendimientos suficientemente rentables como para mantenerlo en la rotación.

En base a lo antes expuesto, surge la necesidad de disponer de información de cuales son las diferentes limitantes nutricionales de la producción del cultivo. En este sentido, son muy escasas las experiencias realizadas en la región, siendo en la mayoría referidas a nitrógeno (N) (Fontanetto y Keller, 1999; Fontanetto, 2000; Fontanetto y Keller, 2000; Fontanetto, 2003; Fontanetto et al.; 2008). La finalidad del presente trabajo es evaluar el efecto de combinaciones de N y azufre (S) sobre la producción del sorgo granífero y determinar la curva de respuesta a N del cultivo con suficiencia de S.

## Materiales y Métodos

Se realizó un ensayo en el campo experimental del INTA Rafaela sobre un suelo Argiudol típico. Los datos del experimento son los siguientes: antecesor soja de segunda; barbecho químico con glifosato (1,8 l/ha de p. a.) + atrazina 90 % (2 l/ha de p. a.) el 17/07/2008, segunda pulverización de preemergencia el 22/10/2008 para control de malezas y plagas con atrazina 90 % (1,5 l/ha de p. a.) + glifosato (1,3 l/ha de p. a.) + cipermetrina (0,15 l/ha) + Clapp (35 g/ha); siembra directa el 31/10/2008; genotipo (híbrido) A 9815 RC; diseño espacial 0,52 m entre surcos; densidad 220.000 pl/ha. Los tratamientos evaluados se detallan en la Tabla 1. Los variantes de fertilización en estudio conformaron 12 tratamientos que se dispusieron en parcelas divididas dispuestas en bloques completos al azar con 4 repeticiones, correspondiendo a la parcela principal las dosis de N y a las subparcelas las dosis de S. El tamaño de las parcelas fue de 3,12 m de ancho por 10 m de largo. La fuente de S utilizada fue yeso agrícola, incorporado abajo y al costado de la línea de siembra, y la fuente de N fue UAN, chorreado al costado de los surcos, ambos al momento de implantación del cultivo. La cosecha del ensayo se realizó el 15/03/2009, sobre los 2 surcos centrales de cada parcela y sobre una superficie de cosecha de 9,36 m<sup>2</sup> (2 surcos apareados a 0,52 m y de 9,0 m de largo c/u). El rendimiento en granos y sus componentes fueron analizados mediante el análisis de la variancia (ANO-

Tabla 1. Tratamientos de fertilización NS evaluados en el ensayo de sorgo granífero. Ensayo EEA INTA Rafaela, Campaña 2008/09.

Tratamiento	Nitrógeno (kg/ha)	Azufre (kg/ha)
1	0	0
2	0	10
3	0	20
4	40	0
5	40	10
6	40	20
7	80	0
8	80	10
9	80	20
10	120	0
11	120	10
12	120	20

VA) y las diferencias entre medias de cada factor se efectuó mediante la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).

## Resultados y Discusión

El análisis químico inicial del suelo (0-20 cm) y los contenidos de AU a la siembra del sorgo, por horizontes y total (0-1,60 m), se detallan en las Tablas 2 y 3. Las concentraciones de MO y Nt se consideran medias a altas, la cantidad de N-NO<sub>3</sub> y concentración de S-SO<sub>4</sub> son medias, y la provisión de P extractable es alta. El contenido de AU al momento de la siembra fue alto. Las condiciones de lluvias fueron sensiblemente inferiores a la media histórica durante todo el período de crecimiento del cultivo y se normalizó en los meses de febrero y marzo de 2009 (Figura 1).

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la prueba de medias ( $P < 0,05$ ) para rendimiento de granos y sus componentes en los tratamientos evaluados.

Se observó efecto significativo de la fertilización sobre el rendimiento de granos y sus componentes: peso de cada panoja, n° de granos/panoja y n° de granos/m<sup>2</sup>. La fertilización no afectó el n° de panojas por ha, el peso de 1000 granos y la humedad de granos a cosecha. Todas las combinaciones N y S produjeron mayores rendimientos que el tratamiento testigo (N0-S0), demostrando una alta respuesta a la fertilización, especialmente nitrogenada. La mayor producción obtenida se correspondió con 120 kg/ha de N y 10 o 20 kg/ha de S (Tratamientos N120-S10 y N120-S20). La respuesta al S sin el agregado de N fue prácticamente nula, demostrando que una deficiencia de N limita la expresión de la respuesta a la fertilización azufrada. Asimismo, la

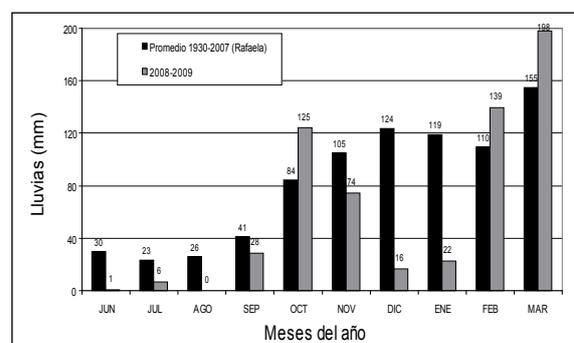


Figura 1. Precipitaciones registradas durante el desarrollo del sorgo. Rafaela, campaña 2008/09.

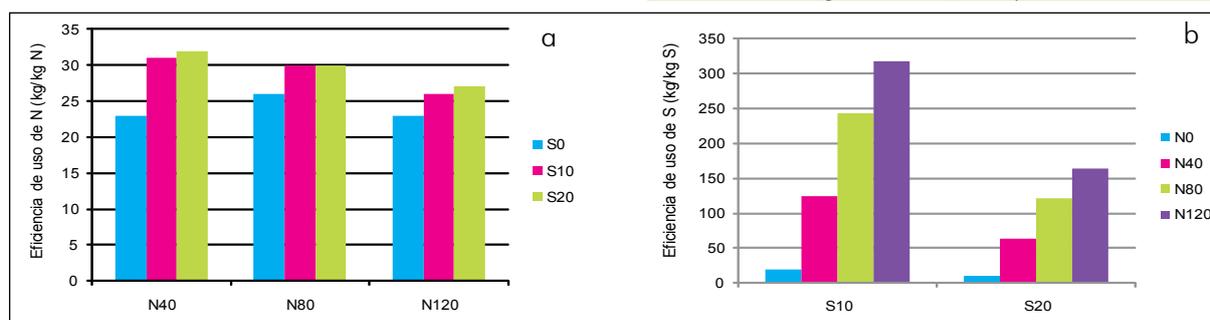


Figura 2. Eficiencia de uso de N (a) y de S (b) para distintas dosis de N y S en sorgo granífero. Ensayo EEA INTA Rafaela, Campaña 2008/09.

aplicación de S mejora la respuesta a N, sin diferencias significativas entre las dosis de S10 y S20.

Las eficiencias de uso (kg de incremento de granos por kg de nutriente) fueron medias a altas para N y altas para S (Figura 2). Los efectos interactivos de N y S se observan claramente en los incrementos de la eficiencia de N cuando se adiciona S y de la eficiencia de S cuando se adiciona N.

La Figura 3 presenta la respuesta del cultivo a diferentes disponibilidades de N (N-NO<sub>3</sub> del suelo 0-60 cm a la siembra + N del fertilizante) a la siembra para este ensayo. Para una producción de aproximadamente 8.000 kg/ha de granos, la oferta de N (N-NO<sub>3</sub> del suelo 0-60 cm a la siembra + N del fertilizante) debería ser cercana a los 130 kg de N/ha.

## Conclusión

Los resultados de la presente experiencia demostraron una alta respuesta del sorgo granífero a la fertilización con N, con S y su combinación, a pesar de haber sido una campaña con un fuerte déficit hídrico. Estos resultados alientan a seguir investigando en el desarrollo de mejores prácticas de fertilización para el cultivo.

## Bibliografía

- Fontanetto, H. y O. Keller.** 1999. Fertilización en Sorgo. 1º. Jornada de divulgación Técnica-Económica: El sorgo como negocio. INTA, EEA Manfredi. 26 de agosto de 1999. Actas: 19-24.
- Fontanetto, H.** 2000. Sorgo: Ciclos y distribución espacial del cultivo. A.A.P.R.E.S.I.D. Jornada de Intercambio Técnico de Sorgo. Publicaciones Técnicas por Cultivo. SORGO: 21-24.
- Fontanetto, H. y O. Keller.** 2000. Sorgo: 5. Fertilización. Fertilización en Sorgo. A.A.P.R.E.S.I.D. Jornada de Intercambio Técnico de Sorgo. Publicaciones Técnicas por Cultivo. SORGO: 29-32.

**Fontanetto, H.** 2003. El manejo de la fertilización en el Sorgo Granífero. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Jornada de Actualización en Sorgo Granífero. Actas, 4 pp.

**Fontanetto, H.; O. Keller; J. Albrecht; D. Giailevra; C. Negro y L. Belotti.** 2008. Aspectos de manejo y fertilización nitrogenada para el sorgo granífero. Agromercado Clasico. N° 148: 6-10. Septiembre 2008. SORGO. ■

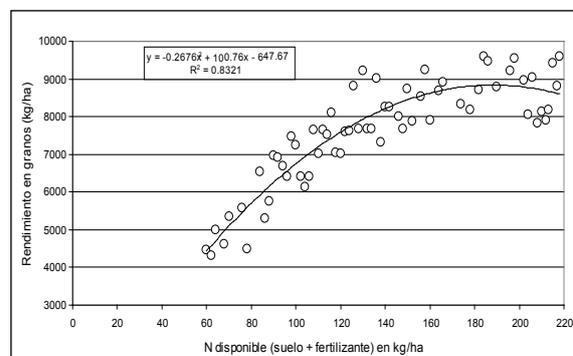


Figura 3. Rendimientos de sorgo granífero para diferentes niveles de N disponible (N-NO<sub>3</sub> del suelo 0-60 cm a la siembra + N del fertilizante), con suficiencia de S. Ensayo EEA INTA Rafaela, Campaña 2008/09.

Tabla 3. Contenido de agua útil (AU) a la siembra. Ensayo EEA INTA Rafaela, Campaña 2008/09.

Profundidad (cm)	Agua útil (mm)	Agua acumulada (mm)
0 - 10	10.30	10.30
10 - 30	14.60	24.90
30 - 40	11.50	36.40
40 - 60	17.20	53.60
60 - 70	14.70	68.30
90 - 110	18.60	86.90
110 - 140	29.50	116.40
140 - 160	20.50	136.90

Tabla 2. Características químicas del suelo a la siembra del sorgo. Ensayo EEA INTA Rafaela, Campaña 2008/09.

Profundidad (cm)	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno total (Nt) (%)	Fósforo (Bray I) (ppm)	pH	S-SO <sub>4</sub> (ppm)	N-NO <sub>3</sub> (ppm)
0-20 cm	3,01	0,143	34,4	5,9	7,3	11,8
20-40 cm	1,49	0,067	15,8	6,0	4,6	4,7
40-60 cm	0,98	0,051	9,7	6,2	3,4	3,9

Tabla 4. Rendimiento de granos y componentes del rendimiento para los diferentes tratamientos de fertilización evaluados en sorgo granífero. Ensayo EEA INTA Rafaela, Campaña 2008/09.

Tratamiento	Peso de panoja (g)	Número de granos/panoja	Nº granos/m²	Rendimiento (kg/ha)
N0-S0	29,7 a	1635 a	32722 a	5939 a
N0-S10	30,3 a	1618 a	32758 a	6126 a
N0-S20	30,2 a	1613 a	32837 a	6141 a
N40-S0	33,9 b	1812 ab	36752 b	6873 b
N40-S10	35,6 b	1823 ab	36803 b	7182 c
N40-S20	35,3 b	1788 ab	36409 b	7199 c
N80-S0	40,0 c	2070 b	41567 c	8024 d
N80-S10	41,4 cd	2148 b	43378 cd	8367 e
N80-S20	41,8 cd	2125 b	42569 cd	8369 e
N120-S0	43,1 de	2192 b	44045 de	8669 f
N120-S10	45,5 e	2288 b	45823 e	9103 g
N120-S20	45,6 e	2286 b	46300 e	9227 g

Medias de tratamientos con la misma letra en sentido vertical, no difieren entre sí (Duncan P < 0,05).