

FERTILIZACIÓN CON AZUFRE EN LA SECUENCIA TRIGO/SOJA DE SEGUNDA

Mirian Barraco¹; Andrea Lardone¹; Carlos Scianca²

¹Área de Investigación Agropecuaria EEA INTA General Villegas; ²Actividad privada

mbarraco@correo.inta.gov.ar

Palabras clave:

azufre, trigo, soja de segunda, nutrientes en grano

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) constituyen los principales nutrientes que condicionan la productividad de los cultivos de la pampa arenosa, sin embargo numerosos estudios muestran posibles limitaciones en la provisión de azufre (S) para el logro de cultivos de alta producción.

Estudios desarrollados en otras regiones tales como la pampa ondulada muestran que las deficiencias de S se observan más frecuentemente en suelos arenosos, bajos contenidos de materia orgánica (MO) y prolongado uso agrícola (Martínez *et al.*, 2001; Salvagiotti *et al.*, 2004). No obstante, una red de fertilización con S en trigo en la pampa arenosa mostró que la respuesta a S fue independiente de estas variables, y disminuyó en la medida en que se incrementaron los rendimientos de los cultivos no fertilizados (ambientes de mayor potencial productivo), (Barraco *et al.*, 2009).

Para el caso de cultivos de soja de segunda la información en la región es escasa, pero resultados obtenidos en el sur de Santa Fe (Gerster, 2000; Cordone y Martínez, 2001) en ensayos de fertilización azufrada aplicados al trigo, mostraron respuestas en ambos cultivos, sugiriendo que la estrategia de

fertilización con este nutriente debería analizarse para toda la secuencia y no en cada cultivo, brindando ventajas operativas y económicas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta a la fertilización con S en la secuencia trigo/soja de segunda en dos lotes de la pampa arenosa con bajos contenidos de S en los suelos y más de 10 años de historia agrícola continua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la campaña 2011-12 en 2 lotes del campo experimental de la EEA INTA General Villegas sobre suelos clasificados como Hapludoles Típicos. Se seleccionaron sitios bajo siembra directa estabilizada, agricultura continua de más de 10 años y sin historia de fertilización con S.

Los cultivos se manejaron sin limitaciones de N y P; la fertilización en los cultivos de trigo se realizó aplicando urea hasta alcanzar una disponibilidad de N de 170 kg N ha⁻¹ (N suelo 0-60 cm + N fertilizante) y con fertilizante arrancador (Tabla 1). En los dos ensayos los cultivos de trigo y de soja se sembraron con una sembradora Schiarre, a un distanciamiento entre hileras de 17,5 cm.

Tabla 1. Manejo de los cultivos de trigo/soja de segunda en los sitios experimentales: variedad, fecha de siembra (FS), aplicación de nitrógeno (Aplic. N) y aplicación de fósforo (Aplic. P).

Lote	Manejo de trigo			Manejo de soja		
	Variedad	FS	Aplic. N	Aplic. P	Variedad	FS
1	Baguette 11	3/6/11	Presiembra incorporado	70 kg ha ⁻¹ de MAP	DM 4970	12/1/12
2	Baguette 11	9/6/11	Presiembra voleo	140 kg ha ⁻¹ de SPT	DM 4670	11/1/12

Los tratamientos consistieron en diferentes dosis de S (0, 10, 20 y 30 kg S ha⁻¹) como sulfato de calcio, aplicados al voleo a la siembra de los cultivos de trigo.

Previo a la siembra de los cultivos de trigo se tomaron muestras de suelo compuestas (10 submuestras/bloque) para la caracterización de los sitios. Se determinaron los contenidos de MO, P y pH de la capa de 0 a 20 cm, y de N-NO₃⁻ y de S-SO₄²⁻ de las capas de 0 a 20, 20 a 40 y 40 a 60 cm (Tabla 2). Posterior a la cosecha de los trigos se tomaron muestras de suelo de cada parcela (profundidades: 0 a 20, 20 a 40 y 40 a 60 cm) para determinar los contenidos de S-SO₄²⁻.

A la siembra de los cultivos se determinó el agua disponible en el suelo hasta los 200 cm en capas de 20 cm.

En los cultivos de trigo se tomaron muestras de biomasa aérea en el estadio de Z31 (Zadoks *et al.*, 1974) para la determinación de sus contenidos de N y S.

En madurez fisiológica de los cultivos de trigo y soja de segunda se determinó el rendimiento y sus componentes (número de granos y peso individual de los granos), expresándose los resultados con contenidos de humedad de 140 g kg⁻¹ y se determinaron los contenidos de N y S en grano.

Además se registraron las precipitaciones ocurridas durante el ciclo de los cultivos.

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y parcelas de 45 m². Los datos fueron evaluados con el programa estadístico InfoStat, mediante ANOVA y prueba de diferencia de medias de LSD ($p < 0,05$), (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Disponibilidad de agua para el desarrollo de los cultivos

El agua disponible a la siembra de los cultivos de trigo (0 a 200 cm) fue de 240 y 134 mm para los ensayos en Lote 1 y Lote 2, respectivamente. La campaña se caracterizó por presentar bajas precipitaciones en los meses de invierno, 140 mm entre los meses de octubre y noviembre y sólo 3 mm entre el 27 de noviembre y el 10 de enero (Tabla 3). Por lo tanto, el agua en el suelo a la siembra de soja estuvo condicionada por las escasas precipitaciones de este último período y fue de 40 y 64 mm en los Lotes 1 y 2, respectivamente. No obstante, las lluvias registradas en los primeros estadios de los cultivos de soja fueron satisfactorias y permitieron un adecuado desarrollo.

b) Contenidos de N y de S en biomasa y grano

La fertilización con S no modificó los contenidos medios de N y S en los cultivos de trigo, a excepción de de N en grano en el Lote 1 en donde se observaron mayores contenidos de N para los tratamientos con dosis superiores de S (Tablas 4 y 5).

En los cultivos de soja de segunda, en ambos ensayos, se observó que la fertilización con S incrementó el contenido de S de los granos (Tabla 6). Si bien se observó una tendencia a disminuir la relación N/S de los granos no resultó estadísticamente significativa. Otros estudios y para cultivos de soja de primera muestran que el agregado de S incrementa los contenidos de S de los granos y modifica la relación N:S de los mismos pasando en promedio de valores de 21:2 a 18:1,7 (Salvagiotti *et al.*, 2012).

Tabla 2. Caracterización de los sitios experimentales: materia orgánica (MO), fósforo extractable (P), pH, nitrógeno de nitratos (N-NO₃) y azufre de sulfatos (S-SO₄²⁻).

Lote	MO (%)	P (ppm)	pH	N-NO ₃ (ppm)			S-SO ₄ ²⁻ (ppm)		
	0-20	0-20	0-20	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
1	2,24	18,3	6,0	5,1	4,5	3,2	0,71	0,32	0,42
2	2,40	16,4	5,9	11,1	6,1	7,3	1,79	1,47	2,73

Tabla 3. Precipitaciones mensuales (en mm) ocurridas durante el ciclo de los cultivos.

May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
10	7	11	1	8	78	62	3	80	283	127

Tabla 4. Concentración media de nitrógeno y azufre (en mg gramo⁻¹) en biomasa aérea de trigo (estadio de Z31) según tratamientos de fertilización con azufre (S). Ausencia de letras indican ausencia de diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Lote		Dosis de S			
		0	10	20	30
1	Nitrógeno	31,0	30,7	32,7	32,3
	Azufre	2,3	2,4	2,5	2,5
2	Nitrógeno	25,3	24,8	25,2	26,3
	Azufre	1,9	2,0	1,9	1,7

Tabla 5. Concentración media de nitrógeno y azufre (en mg gramo⁻¹) y relación nitrógeno azufre (N/S) en granos de trigo según tratamientos de fertilización con azufre (S). Letras distintas en cada ensayo muestran diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Lote		Dosis de S			
		0	10	20	30
1	Nitrógeno	19,7 b	20,7 b	22,0 a	22,0 ab
	Azufre	1,5	1,6	1,7	1,6
	N/S	13,4	12,9	13,1	13,8
2	Nitrógeno	26,5	25,2	26,9	24,3
	Azufre	1,9	1,8	2,0	1,8
	N/S	14,3	13,7	13,8	13,3

Tabla 6. Concentración media de nitrógeno y azufre (en mg gramo⁻¹) y relación nitrógeno azufre (N/S) en granos de soja según tratamientos de fertilización con azufre (S). Letras distintas en cada ensayo muestran diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Lote		Dosis de S			
		0	10	20	30
1	Nitrógeno	55,8	57,8	58,5	58,7
	Azufre	3,3 b	3,5 ab	3,7 b	3,7 b
	N/S	17,1	16,4	16,1	16,1
2	Nitrógeno	61,1	62,1	63,0	62,0
	Azufre	3,5 b	3,7 ab	3,7 ab	3,9 a
	N/S	17,3	16,7	16,9	15,9

c) Contenidos de S de los suelos

En cuanto a los niveles de S de los suelos (medidos a la cosecha de los cultivos de trigo) se observó un incremento mediante el agregado de las diferentes dosis de S, fundamentalmente en la capa de 0 a 20 cm (Figura 1).

d) Rendimiento de los cultivos

En el Lote 1 el agregado de S permitió incrementos significativos de los rendimientos en los dos cultivos de la secuencia ($p < 0,10$ y $p < 0,02$, en trigo y soja de segunda, respectivamente), (Figura 2). La respuesta al agregado de S siguió una curva de incrementos decrecientes con una dosis óptima similar en ambos cultivos, de 22 kg de S ha⁻¹ ($r^2=0,99$) y 20 kg de S ha⁻¹ ($r^2=0,95$), para trigo y soja respectivamente. En el cultivo de trigo la respuesta a S fue del 17, 26 y 21% para las dosis de 10, 20 y 30 kg S ha⁻¹, mientras que en el cultivo de soja fueron del 21, 38, 24 %. La respuesta a trigo fue significativamente mayor a las registradas en otros estudios previos que muestran en promedio para la región de la pampa arenosa incrementos del 4,7 % (Barraco *et al.*, 2009). En cultivos de soja de segunda la respuesta a S varía entre 13-20 % (Díaz-Zorita y Duarte, datos no publicados).

En el Lote 2 no se observó respuesta al agregado de S en ninguno de los dos cultivos de la secuencia ($p=0,15$ y $p=0,89$ para los cultivos de trigo y soja de segunda, respectivamente), a pesar de que los contenidos de S y otras características edáficas son similares al lote con respuesta.

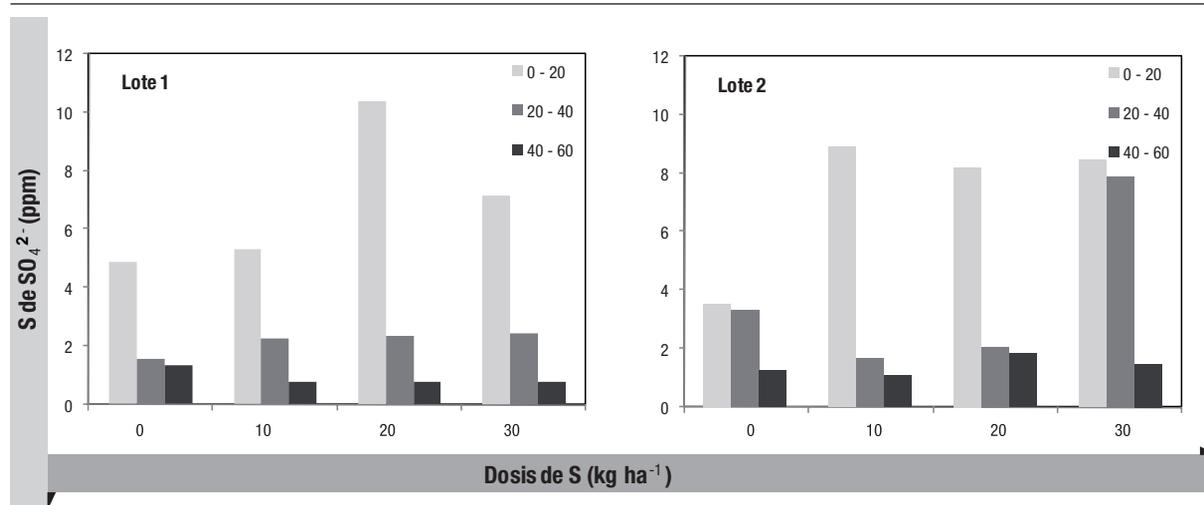


Figura 1. Contenidos de azufre de sulfatos (S-SO₄²⁻) en el suelo luego de la cosecha de trigo según diferentes dosis de azufre (S) agregados.

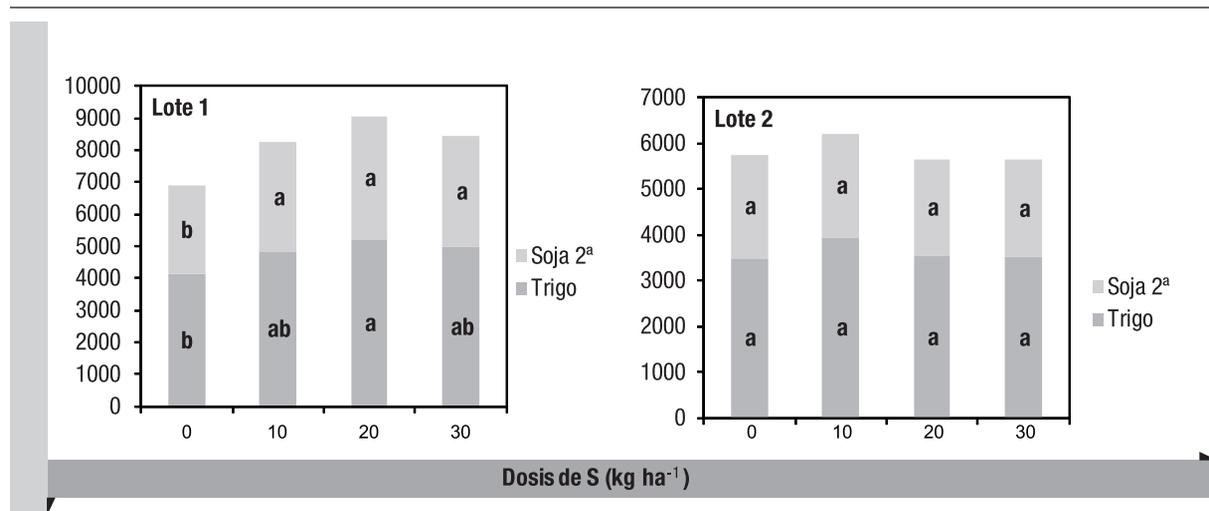


Figura 2. Rendimientos de trigo y soja de segunda según diferentes dosis de azufre (S) agregados. Letras distintas en cada ensayo muestran diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

El agregado de S en trigo no modificó sus contenidos de S en grano pero sí incidió significativamente en los contenidos de S del cultivo siguiente de soja.

Los contenidos de S de los suelos al momento de la siembra de soja de segunda se incrementaron en todas las dosis de S evaluadas y muestran una residualidad del fertilizante.

Se observó respuesta al agregado de S sólo en un sitio evaluado, a pesar que la historia de los dos lotes y características edáficas resultaron similares, por lo que se requiere de nuevos estudios para discriminar posibles sitios con respuesta. ■

BIBLIOGRAFIA

- Barraco, M; Díaz Zorita, M; Brambilla, C; Álvarez, C. Scianca, C. 2009. Respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada y nitroazufrada en suelos arenosos. *Revista Ciencia del Suelo*. 27(2): 217-224.
- Cordone, G; Martínez, G. 2001. Efecto de la aplicación de distintas dosis de nitrógeno y azufre sobre el rendimiento del doble cultivo trigo-soja. Para mejorar la producción N° 18. SOJA. EEA Oliveros INTA.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gerster, G. 2000. Fertilización azufrada en trigo/soja. Para mejorar la producción 15. SOJA. EEA Oliveros INTA.
- Martínez, F; Cordone G; García, F.O. 2001. Azufre y otros nutrientes. En: Trigo. Cuaderno de actualización técnica N° 63. CREA. P 46-51.
- Salvagiotti, F; Ferraris, G; Quiroga, A; Barraco, M; Vivas, H; Prystupa P; Echeverría, H; Gutierrez, Boem, F. 2012. Identifying sulfur deficient fields by using sulfur content; N:S ratio and nutrient stoichiometric relationships in soybean seeds. *Field Crop Research* 135: 107-115.
- Salvagiotti, F; D Miralles; J Castellarín & H Pedrol. 2004. La fertilización azufrada incrementa la absorción y la eficiencia en el uso del nitrógeno en trigo. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná. Entre Ríos. 2004. pp 147.
- Zadoks, J. C.; T.T. Chang & C. F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stage of cereals. *Weed Res.* 14:415-421.