



## Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

### IDENTIFICACIÓN DE SITIOS DEFICIENTES EN AZUFRE MEDIANTE EL ANÁLISIS DE GRANO DE SOJA

F.H. Gutiérrez Boem<sup>1</sup>, F. Salvagiotti<sup>2</sup>, G. Ferraris<sup>3</sup>, A. Quiroga<sup>4</sup>  
M. Barraco<sup>5</sup>, H. Vivas<sup>6</sup>, P. Prystupa<sup>1</sup>, H.E. Echeverría<sup>2</sup>

*Trabajo presentado al III CONGRESO de SOJA del MERCOSUR, "MERCOSOJA 2006"*

#### INTRODUCCIÓN

Durante la última década se han observado aumentos del rendimiento del cultivo de soja por el agregado de azufre (Martinez y Cordone, 1998; García et al., 2001; Echeverría et al., 2002; Ferraris et al., 2004; Gutierrez Boem et al., 2006). A pesar de los esfuerzos realizados, aún no se han encontrado relaciones estables entre variables de suelo (sulfatos, materia orgánica, textura) o manejo (años de agricultura) y la respuesta del cultivo al agregado de azufre. La falta de un método de diagnóstico impide diferenciar lotes deficientes en azufre de los que no lo son. Por lo tanto, hay poca certeza en la recomendación de fertilización azufrada.

Una alternativa al análisis de suelos es identificar sitios deficientes en azufre mediante el análisis de granos. En cultivos de trigo de Australia, Randall et al. (1981) pudo distinguir los granos provenientes de sitios con deficiencia de azufre por que poseían una baja concentración de este elemento y una alta relación nitrógeno-azufre. En soja, Hitsuda et al. (2004) observaron una relación entre rendimiento y concentración de azufre en grano en plantas de soja que crecieron en macetas con tres suelos de los Cerrados (Brasil). La principal fuente de azufre para un cultivo sin fertilizar en la región pampeana es la mineralización de la materia orgánica antes o durante el ciclo del cultivo. La cantidad de materia orgánica que se mineraliza no varía mucho de un año para el otro, en especial en lotes que tienen un manejo agrícola continuo y prolongado. Por consiguiente es esperable que, si no se fertiliza con azufre, los lotes que sean deficientes en este nutriente durante un año lo sigan siendo en años sucesivos. Por lo tanto, si se consiguiera identificar lotes deficientes en azufre se podría incorporar la fertilización azufrada en el manejo de esos lotes.

El **objetivo** de este trabajo fue identificar sitios deficientes en azufre mediante el análisis de granos del cultivo de soja. La **hipótesis** que se puso a prueba fue que una deficiencia azufrada que afecte el rendimiento también afectaría la concentración de azufre y/o la relación N:S en los granos de soja.

- 
- (1) FAUBA
  - (2) INTA E.E.A. Oliveros
  - (3) INTA E.E.A. Pergamino
  - (4) INTA E.E.A. Anguil
  - (5) INTA E.E.A. General Villegas
  - (6) INTA E.E.A. Rafaela
  - (7) UI INTA E.E.A. Balcarce UNMdeP

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron muestras de grano de 20 ensayos de fertilización azufrada del cultivo de soja realizados en la región pampeana durante la campaña 2004/05. Los ensayos de donde provinieron los granos tenían las siguientes características: **Tratamientos:** 2 tratamientos: 1-Testigo sin fertilizar, 2- Fertilizado (a la siembra) con 12-24 kgS ha<sup>-1</sup> con una fuente de azufre como sulfatos (e.g.: sulfato de calcio, amonio). **Diseño:** cada tratamiento tuvo al menos tres repeticiones (en bloques completos aleatorizados). **Suelo:** Tipo de suelo, un análisis inicial para la profundidad 0-20 cm que incluyó MO, pH y P (Bray1), textura y sulfatos. **Manejo:** Ubicación del ensayo, cultivar utilizado, fecha de siembra y cosecha, sistema de labranza, años de agricultura, antecesor, y ubicación del fertilizante (banda, voleo, etc.). Se determinó el rendimiento en grano y la concentración en grano de nitrógeno, azufre y fósforo (digestión húmeda). El análisis de grano se realizó en el laboratorio del INTA Balcarce. Los datos de rendimiento en grano se analizaron mediante ANOVA para cada sitio porque el error experimental no fue homogéneo entre sitios. Los datos de concentración de nutrientes en grano se analizaron conjuntamente para todos los sitios previo testeo de la homogeneidad de varianzas entre sitios (Petersen, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La red incluyó sitios del centro y sur de Santa Fe (9), norte de Buenos Aires (5), oeste de Buenos Aires (3) y este de La Pampa (3). La Tabla 1 muestra el manejo realizado en los ensayos. El fertilizante más utilizado fue el yeso, y la forma de aplicación al voleo no incorporado, aunque también se utilizaron otras fuentes y formas de aplicación. Casi todos los cultivos se realizaron en siembra directa.

Sitio	Fertilizante			Manejo			
	Dosis kgSha <sup>-1</sup>	Fuente	Ubicación	Años de agricultura	Cultivo antecesor	Labranza	Cultivar
1	12	CaSO <sub>4</sub>	Banda	>30	Avena	SD	A 6411 RR
2	12	CaSO <sub>4</sub>	Banda	>7	Maíz	SD	A 6011 RR
3	15	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Voleo	>20	soja	SD	DM4800 RR
4	20	CaSO <sub>4</sub>	Banda	80	trigo	SD	RA505
5	20	CaSO <sub>4</sub>	Banda	15	trigo	SD	DM4800 RR
6	20	CaSO <sub>4</sub>	Banda	>30	soja	SD	TJ2049 RR
7	20	CaSO <sub>4</sub>	Banda	>30	soja	SD	TJ2049 RR
8	24	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Banda sup.	>30	trigo	SD	DM4800 RR
9	15	CaSO <sub>4</sub>	Voleo	>20	soja	SD	A 3901 RG
10	15	CaSO <sub>4</sub>	Voleo	>20	maíz	SD	DM4800 RR
11	15	CaSO <sub>4</sub>	Voleo	>10	cebada	SD	A 4303 RG
12	15	CaSO <sub>4</sub>	Voleo	>30	cebada	SD	DM4800 RR
13	15	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Voleo	>15	maíz	SD	A 3901 RG
14	15	CaSO <sub>4</sub>	Banda	5	maíz	LC	A 3901 RG
15	20	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Voleo	6	soja	SD	DM4800 RR
16	20	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Voleo	3	maíz	SD	A 3550 RG
17	20	CaSO <sub>4</sub>	Voleo	3	maíz	SD	DM4800 RR
18	20	CaSO <sub>4</sub>	Voleo	2	verdeo	SD	DM4800 RR
19	20	CaSO <sub>4</sub>	Voleo	2	verdeo	SD	DM4800 RR
20	20	CaSO <sub>4</sub>	Voleo	6	maíz	SD	DM3200 RR

Se observó un aumento de los rendimientos debido a la fertilización azufrada en nueve de los veinte sitios (Figura 1). En estos sitios, la respuesta varió entre 300 y 785 kg ha<sup>-1</sup> (promedio 463 kg ha<sup>-1</sup>). La deficiencia de azufre provocó disminuciones del rendimiento de hasta el 25 %.

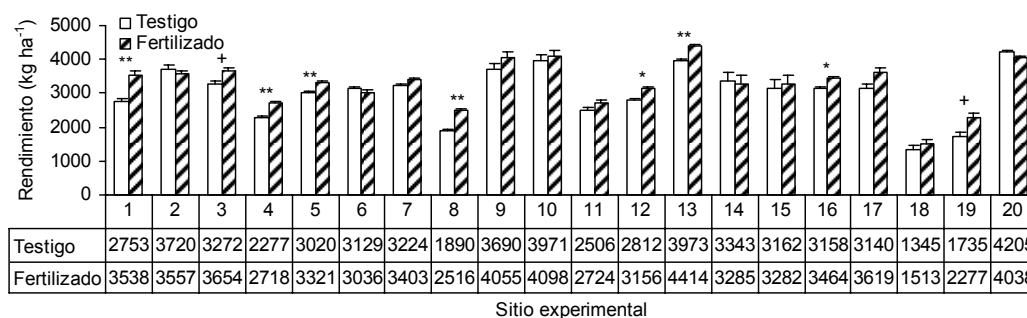


Figura 1: Rendimiento del cultivo en cada sitio. Significancia: \*\*p<0.01 \* p<0.05, + p<0.10

El agregado de azufre aumentó levemente el contenido de N (proteína) en los granos en toda la red (interacción sitio x tratamiento no significativa). Si bien este aumento fue estadísticamente significativo su magnitud fue muy pequeña: 1.3 % de aumento en promedio de todos los sitios. El contenido de proteína fue relativamente estable entre sitios, variando entre 35.0 y 38.8 % (promedio 37.1, CV 3.1%). El efecto de la fertilización azufrada sobre la concentración de azufre en grano dependió del sitio experimental (interacción sitio x tratamiento significativa). En siete sitios el agregado de azufre aumentó la concentración de S en grano en alrededor de un 25 %. La variación en el contenido de azufre no estuvo relacionada con la respuesta en rendimiento del cultivo. Como el contenido de N en grano fue poco sensible a la fertilización azufrada, éste aumento en el contenido de S en el grano provocó una caída en la relación N:S en los granos. Prácticamente toda la variación en la relación N:S se explica por los cambios en el contenido de azufre en los mismos ( $r^2=0.94$ ). La relación N:S de los granos de soja está relacionada con el valor nutricional de la proteína del grano. Bajas relaciones N:S están relacionadas con mayores contenidos de aminoácidos azufrados en la proteína, que son los que suelen limitar el valor biológico de la proteína de soja (Sexton et al., 2002). La fertilización azufrada afectó la concentración de P en grano en seis sitios. En dos sitios disminuyó y en cuatro aumentó (Tabla 2). Este efecto no estuvo relacionado con el efecto de la fertilización sobre el rendimiento en esos sitios. La exportación de N, P y S con el grano fue en promedio de 59.5 kg N, 5.6 kg P y 2.9 kg S por tonelada de grano de rendimiento. En el caso del P y el S, estos valores son algo inferiores a los reportados en la literatura internacional (7 kg P y 5 kg S, INPOFOS, 1999).

Tabla 2: Concentración de N, S y P, y relación N:S en grano.								
Sitio	N en grano mg N g <sup>-1</sup>		S en grano mg S g <sup>-1</sup>		Relación N:S		P en grano mg P g <sup>-1</sup>	
	Testigo	+S	Testigo	+S	Testigo	+S	Testigo	+S
1	56.1	55.9	1.56	2.33**	36.8	24.2**	5.91	5.63
2	57.4	56.7	1.96	2.26	30.5	26.6 <sup>+</sup>	4.94	5.15
3	54.9	58.9	2.10	2.38	26.0	24.6	6.50	6.91 <sup>+</sup>
4	61.1	61.9	2.68	2.92	22.7	21.2	6.69	5.80**
5	58.1	59.2	2.46	3.29**	23.5	17.9**	6.31	6.41
6	58.8	60.9	2.60	3.33**	22.5	18.2 <sup>+</sup>	6.26	5.71 <sup>+</sup>
7	58.8	60.9	2.89	2.90	20.2	20.9	6.20	5.82
8	59.0	63.5	2.13	2.57	27.6	24.7	5.12	4.94
9	61.7	60.4	2.82	3.02	21.8	19.9	5.55	5.70
10	60.7	57.6	2.64	3.41**	23.0	16.9 <sup>*</sup>	4.95	5.36
11	61.1	60.8	3.19	2.95	19.1	20.5	4.62	5.40**
12	61.7	62.4	3.92	3.30 <sup>*</sup>	15.7	18.9	5.15	5.47
13	60.5	61.9	2.62	2.88	23.0	21.5	4.69	4.54
14	59.4	62.6	2.54	3.30**	23.3	18.9 <sup>+</sup>	4.65	4.32
15	60.3	59.2	2.63	2.86	22.8	20.6	5.59	6.35**
16	59.4	60.2	3.35	3.84 <sup>+</sup>	17.7	15.6	5.12	5.21
17	60.4	60.0	3.18	3.27	18.9	18.3	5.05	5.09
18	56.0	56.8	3.28	3.46	17.0	16.4	6.35	6.55
19	56.4	57.3	3.44	3.45	16.3	16.5	6.27	6.35
20	59.7	60.3	3.34	3.45	17.8	17.4	5.42	6.18**
media	59.1	59.9	2.77	3.06	22.5	20.1	5.57	5.64
	Anova		Anova		Anova		Anova	
	Sitio	<b>&lt;0.01</b>	Sitio	<b>&lt;0.01</b>	Sitio	<b>&lt;0.01</b>	Sitio	<b>&lt;0.01</b>
	Trata	<b>0.01</b>	Trat	<b>&lt;0.01</b>	Trat	<b>&lt;0.01</b>	Trat	0.20
	SitxTrat	0.09	SitxTrat	<b>0.01</b>	SitxTrat	<b>0.02</b>	SitxTrat	<b>&lt;0.01</b>
** , * , + diferente del testigo con $p < 0.01$ , $p < 0.05$ y $p < 0.10$ , respectivamente								

La respuesta a la fertilización azufrada no estuvo relacionada con la concentración de nutrientes en los granos (Figura 2). Estos resultados sugieren que el análisis de grano no parece ser una herramienta adecuada para la identificación de sitios deficientes en azufre.

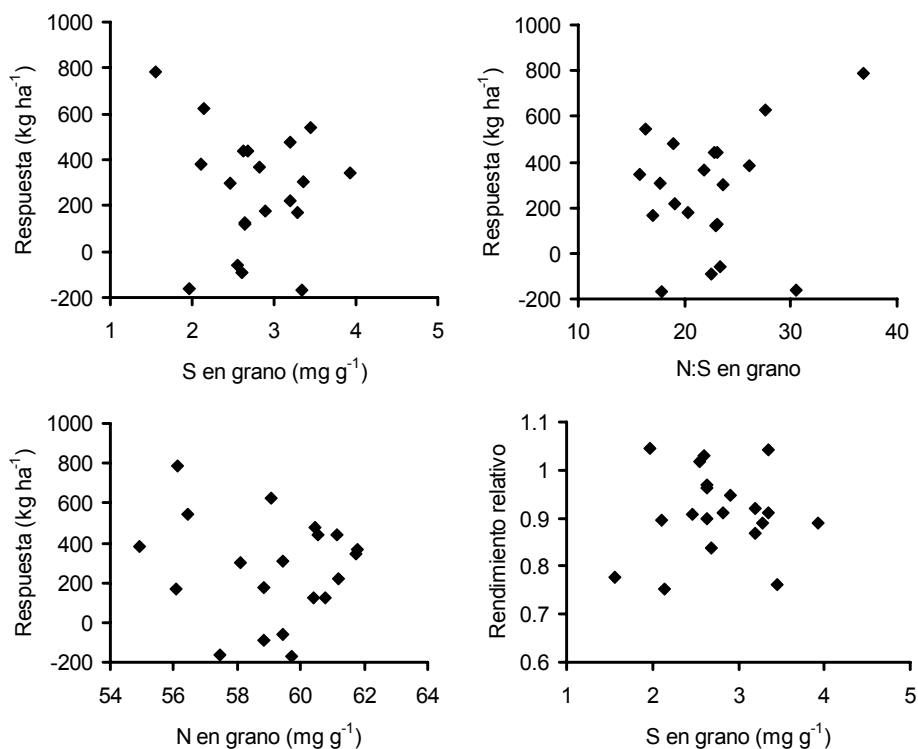


Figura 2: Falta de relación entre la respuesta a la fertilización azufrada o el rendimiento relativo y la concentración de N, S, o relación N:S en los granos de los cultivos no fertilizados

## CONCLUSIONES

Los cultivos de soja deficientes en azufre no tuvieron concentraciones de azufre ni relaciones N:S en grano distintas de los que no sufrieron deficiencias. Si bien se observaron variaciones en las concentraciones de nutrientes en granos entre sitios, estas variaciones no estuvieron relacionadas con la respuesta del cultivo a la fertilización azufrada. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado parcialmente por Fertilizar Asociación Civil.

## BIBLIOGRAFÍA

- ECHEVERRÍA, E, G. FERRARIS, G. GERSTER, F.H. GUTIERREZ BOEM, F. SALVAGIOTTI. 2002. Fertilización en soja y trigo - soja: respuesta a la fertilización en la región pampeana resultados de la red de ensayos del proyecto fertilizar – INTA Campaña 2000/2001 y 2001/2002. EEA INTA Pergamino, 44 p.
- FERRARIS, G., F. SALVAGIOTTI, P. PRYSTUPA Y F.H. GUTIÉRREZ BOEM. 2004. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Junio.
- GARCÍA, F.O., H. FONTANETTO Y H. VIVAS. 2001. La fertilización del doble cultivo trigo-soja. Informaciones Agronómicas, INPOFOS, 10: 14-17.

- GUTIERREZ BOEM, F.H., P. PRYSTUPA & G. FERRARIS. 2006. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. *Journal of Plant Nutrition*, aceptado.
- HITSUDA, K., G.J. SFREDO Y D. KLEPKER. 2004. Diagnosis of sulfur deficiency in soybean using seeds. *Soil Science Society of America Journal* 68: 1445-1451.
- INPOFOS, 1999. Planilla de Calculo para Estimar Requerimientos Nutricionales de Cultivos de Grano y Forrajeros (disponible on line en [www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltams.nsf](http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltams.nsf))
- MARTÍNEZ, F. Y G. CORDONE. 1998. Resultados de ensayos de fertilización azufrada en soja. Para mejorar la producción : 53-57, INTA EEA Oliveros.
- PETERSEN, R.G. 1994. *Agricultural field experiments. Design and analysis.* Marcel Dekker, New York, 409p.
- RANDALL P.J., K. SPENCER Y J.R. KERRY. 1981. Sulfur and nitrogen fertilizer effects on wheat. I. Concentration of sulfur and nitrogen and the nitrogen to sulfur ratio in grain, in relation to the yield response. *Australian Journal of Agricultural Research* 32: 203-212.
- SEXTON,PJ, PAEK,NC; NAEVE,SL; SHIBLES,RM. 2002. Sulfur metabolism and protein quality of soybean. In: *Quality improvement in field crops.* 1st ed. (Eds: Basra,AS; Randhawa,LS) The Haworth Press, 285-308.