

# EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN AZUFRADA EN SOJA SOBRE EL RENDIMIENTO EN GRANO EN SUELOS HAPLUSTOLES DEL ESTE DE LA PAMPA Y SUDESTE DE SANTIAGO DEL ESTERO

R. AZNAR; M. CALETTI; G. ROJO y G. VÁZQUEZ AMABILE<sup>1</sup>

Recibido: 02/11/01

Aceptado: 23/04/02

## RESUMEN

En la campaña 2000/01 se evaluó el efecto de la fertilización azufrada sobre el rendimiento en grano del cultivo de soja. A tal fin, se llevaron a cabo dos ensayos en las localidades de Bandera, provincia de Santiago del Estero y Gral Pico, provincia de La Pampa, ambos sitios con potencial respuesta al agregado de azufre de acuerdo al criterio de "ambiente deficiente" propuesto por Cordone y Martinez (2000) del INTA-Casilda. Los niveles iniciales de S disponible en suelo (0-20 cm) fueron de 11,6 y 6,7 ppm para ambas localidades, respectivamente.

Como resultado no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento en grano en ambos sitios y es necesario seguir trabajando en el desarrollo de una herramienta de diagnóstico confiable que permita determinar con certeza situaciones de deficiencia de S en el cultivo de soja.

**Palabras clave.** Azufre - Soja - Rendimiento en grano - La Pampa - Santiago del Estero.

## EVALUATION OF SULPHUR APPLICATION ON SOYBEAN GRAIN YIELD IN HAPLUSTOLLS OF EAST LA PAMPA AND SOUTHEAST SANTIAGO DEL ESTERO

## SUMMARY

Yield response to sulphur application was evaluated on soybean 2000/01. Two trials were carried out in Bandera, province of Santiago del Estero, and Gral. Pico, province of La Pampa. Both sites were selected according to the concept of "deficient environment", proposed by Cordone and Martinez from INTA-Casilda (2000).

S soil initial levels (0-20 cm) were 11.6 and 6.7 ppm respectively.

Sulphur fertilization had no significant effect on soybean yield and it is necessary to keep working in the development of a reliable tool for the diagnostic of S deficiency in soybeans.

**Key words.** Sulphur - Soybean - Grain yield - La Pampa - Santiago del Estero

---

<sup>1</sup>Técnicos de CANTRILAR S.A. - Paraguay 610 - 10º piso- 1350-Buenos Aires - Argentina

### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El efecto de la aplicación de azufre sobre el rendimiento en grano en el cultivo de soja es un tema que ha cobrado interés en los últimos años, tanto por los investigadores que vislumbran nuevas deficiencias nutricionales en suelos de la Argentina, como por los técnicos y productores vinculados con este cultivo.

La respuesta de un cultivo ante el agregado de un nutriente determinado genera la necesidad de contar con una herramienta de diagnóstico que permita cuantificar el grado de deficiencia o suficiencia de dicho nutriente. Así también es necesario conocer el nivel de respuesta del cultivo ante el agregado de distintas dosis de este nutriente como fertilizante. Esto último se logra a través del testeo a campo de dosis crecientes de fertilizante y su impacto sobre el rendimiento en grano.

La información que actualmente existe sobre el tema en el país es escasa, y no proporciona herramientas de diagnóstico cuantificables que permitan determinar un valor crítico por debajo del cual sea necesario aplicar azufre como fertilizante.

La bibliografía muestra diferentes resultados aquí y en el extranjero. Trabajos realizados en el exterior no han mostrado mayormente diferencias significativas en el rendimiento frente al agregado de S, mientras que las experiencias en la Argentina han sido más prometedoras.

Por citar algunos resultados en EE.UU, Matheny y Hunt (1981), en sojas Grupo VII fertilizadas con S, no hallaron respuestas significativas en el rendimiento ni en la biomasa total acumulada, con niveles de S disponible igual a 12 ppm (0-30 cm), aunque la concentración de S en hojas y tallos aumentó en forma significativa.

Ham *et al.*, (1975), fertilizando sojas con S durante dos años y en tres localidades del estado de Minnesota, hallaron en un caso incremento y en dos casos disminución del rendimiento en grano, dependiendo de la localidad y el año, sin registrar en ningún caso aumentos del contenido de S en grano.

En este sentido Brown *et al.*, (1981), durante cuatro años de ensayos en Columbia, Missouri, con niveles iniciales de S extractable en el horizonte Ap, de entre 8 y 30 ppm, tampoco encontraron efectos sobre el rendimiento en grano, el porcentaje de aceite, los aminoácidos esenciales y la concentración de azufre en grano, Sweeney y Granade

(1993) en un suelo Albacualf típico de Kansas con niveles iniciales de S de entre 8 y 10 ppm (0-15 cm), en dos años de ensayos con sojas grupos IV y V, no encontraron diferencias significativas para el rendimiento en grano ni tampoco para los contenidos de proteína y aceite en grano, para dosis de 28, 56 y 84 kg de S como elemento. Dichos autores hallaron incrementos significativos en la concentración de S y disminuciones en la N:S de 25:1 a 20:1, tanto en planta entera como en tejido foliar, lo que no se tradujo en aumentos de rendimiento.

Jat, *et al.*, (1999), en Udaipur, India, en un suelo franco arcilloso y alcalino (pH 8,3) con un nivel de 20 kg/ha de S disponible, encontraron respuesta estadísticamente significativa con rindes de 1.210, 1.360 y 1.430 kg/ha para las dosis de 0, 40 y 80 kg S/ha.

En la Argentina, varios autores han encontrado respuesta al agregado de S en soja en los últimos cuatro años. Cordone *et al.*, (1999) hallaron en Casilda, Santa Fe, en soja de segunda sobre trigo, un incremento promedio del rendimiento en grano de 803 kg/ha, para una dosis de 24 kg S/ha aplicado como sulfato de amonio a la siembra del trigo.

En el sur de Santa Fe y norte de Buenos Aires, Melgar y Lavandera (1999) evaluaron la aplicación de S en el momento de la siembra y en R3, en suelos Argiudoles de Santa Teresa, Arequito, Pergamino y San Pedro, con niveles iniciales de S asimilable de 12, 15, 15 y 16 ppm, respectivamente. Los autores hallaron respuesta a la aplicación de S a la siembra en dos de las cuatro localidades y lo mismo ocurrió con la aplicación de S en R3.

Avellaneda *et al.*, (1999) no encontraron respuesta al agregado de S en soja en Teodolina, Santa Fe, con niveles de 9,2 y 5,3 ppm S disponible, de 0-20 y 20-40 cm, respectivamente.

Scheiner *et al.*, (1999) hallaron incrementos en el rendimiento de 200 y 400 kg/ha de soja en las localidades de Gral. Viamonte y Junín respectivamente, con niveles de 13,8 y 17,4 ppm de S asimilable en los primeros 15 cm, como respuesta al agregado de 10 kg de S/ha como sulfato de calcio.

En cuanto a la necesidad de contar con una herramienta de diagnóstico para determinar la existencia de deficiencias de S y ante la erraticidad de diagnosticar la deficiencia de S por su nivel de disponibilidad en el suelo (Haneklaus *et al.*, 1994), Martínez y Cordone (2000) sugieren utilizar el concepto de "ambiente deficiente" para recomendar una fer-

tilización azufrada. Este concepto tiene en cuenta el contenido de materia orgánica (M.O.) del suelo y la historia de rotaciones, siendo potencialmente deficitarios principalmente aquellos ambientes con bajos contenidos de M.O. o bajo monocultivo de soja. De este modo, aquellos suelos de texturas gruesas, por poseer bajos niveles de M.O., pueden también presumirse potencialmente deficitarios.

El objetivo principal del trabajo fue determinar el impacto de la fertilización azufrada sobre el rendimiento en grano en el cultivo de soja en dos zonas potencialmente deficitarias en dicho elemento, siguiendo las pautas de Cordone y Martinez (2000). Dichos autores suponen una respuesta creciente a medida que el ambiente se encuentra más degradado. En este sentido, las zonas de Gral. Pico (La Pampa) y Bandera (Santiago del Estero) resultan ser zonas potencialmente deficitarias, la primera por presentar suelos con bajos contenidos de M.O. y la segunda por estar sometida al monocultivo de soja sin reposición de nutrientes y bajos aportes de rastrojo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### A) Sitios y Tratamientos

Los ensayos se llevaron a cabo en dos sitios diferentes en las provincias de Santiago del Estero y La Pampa:

Sitio 1) Establecimiento Selva Grande, ubicado a 20 km al NE de la ciudad de Bandera (Pcia. S. del Estero), coordenadas geográficas 62° 00' 56" Longitud O y 28° 45' 38" Latitud S.

Sitio 2) Establecimiento Santa Catalina, ubicado en Dorila 30 km al SE de la ciudad de Gral. Pico (Pcia. de La Pampa). Coordenadas geográficas 63° 34' 26" Longitud O y 35° 48' 41" Latitud S.

En ambos sitios se marcaron 18 macroparcels de 20 m de ancho por 400 m de largo. Las mismas abarcaron seis tratamientos con tres repeticiones por tratamiento, con un diseño experimental de bloques no aleatorizados.

Los tratamientos fueron: Testigo sin fertilizar y cinco dosis de S que variaron en el rango de 0 a 80 kg S-SO<sub>4</sub>/ha para Bandera y de 0 a 40 kg S-SO<sub>4</sub>/ha para Dorila. La fuente de azufre utilizada fue sulfato de magnesio hepta-hidratado (SO<sub>4</sub>Mg.7H<sub>2</sub>O), cuyo grado es del 13% de S como elemento. Se aplicó como solución acuosa (al 50% en Bandera y al 25% en Gral. Pico), inmediatamente después de la siembra con pulverizadora

autopropulsada y control computarizado de caudal, a fin de aplicar uniformemente el fertilizante sobre la superficie de cada parcela.

En Dorila el cultivo antecesor fue girasol luego de 6 años de agricultura y en Bandera el antecesor fue soja con 15 años previos de monocultivo de soja. Previamente a la siembra se determinó el nivel de Azufre disponible en las profundidades de 0-20 y 20-40 cm. Dichas determinaciones fueron realizadas en el Laboratorio de Química Geológica del CONICET (LAQUIGE-INGEIS) por el método de sulfato soluble en acetato (Bardsley y Lancaster, 1965).

Las variedades utilizadas fueron A-6001 RR (grupo VI) en Bandera y Nidera A-4100 (grupo IV) en Dorila. A la cosecha se determinó el rendimiento en grano en ambos sitios. Lamentablemente, las muestras remitidas para la determinación de proteína y aceite en grano se perdieron en el incendio que sufrieron los laboratorios del Instituto Argentino Químico del Aceite en julio del 2001, razón por la cual sólo se pudo comparar la variable rendimiento entre los tratamientos.

El análisis estadístico se realizó mediante el ANVA y la comparación de medias por el test de mínimas diferencias significativas (LSD).

### B) Datos del Cultivo

#### -Suelos

En Bandera, el suelo del experimento fue un Haplustol típico (A1-B2-B3-C) en posición de plano alto, profundo, bien drenado, de textura franco arcillo limosa desde superficie y presentando un horizonte B no textural. En Dorila, el suelo fue un Haplustol éntico (A-AC-C) en posición de loma plana extendida, profundo y poco desarrollado, de textura franco arenosa en su horizonte superficial, aumentando el porcentaje de arena en profundidad, caracterizado por su drenaje algo excesivo y baja retención hídrica en el perfil. Ambos suelos presentaron buenos niveles de P extractable, especialmente en Bandera con 62 ppm (Cuadro N° 1).

En Bandera, las precipitaciones del año (Cuadro N° 2) se ubicaron prácticamente en el promedio de 899 mm correspondiente al período 1980-1999. En tanto, en Dorila las lluvias fueron un 9% superiores al promedio de 983 mm registrado en el período 1970-1999.

Las parcelas en ambos sitios se mantuvieron libres de insectos y malezas con aplicaciones de insecticidas y glifosato. De este modo los cultivos llegaron sanos y limpios al momento de la cosecha. Los datos del cultivo se detallan en el Cuadro N° 3. El manejo del cultivo se llevó a cabo según las prácticas habituales y de uso difundido en ambas zonas.

**Cuadro N° 1. Suelos de Bandera y Dorila.**

Zona Clasificación Taxonómica	Bandera (S.E.) Haplustol típico		Dorila (L.P.) Haplustol éntico	
	0-20	20-40	0-20	20-40
Profundidad (cm)	0-20	20-40	0-20	20-40
pH	6,5	6,5	6,5	6,6
Materia Orgánica (%)	2,3	--	1,3	--
Fósforo Extractable (ppm)	62	--	17	--
Azufre (ppm)	11,6	9,0	6,7	6,2
Arena (%)	19,0	17,0	70,3	75
Limo (%)	53,5	55,5	16,6	13,9
Arcilla (%)	27,5	27,5	13,1	11,1
Clase textural	Fr-Arc-Lim	Fr-Arc-Lim	Franco-Arenoso	Franco-Arenoso

**Cuadro N° 2. Precipitaciones 2000/2001 –Bandera y Dorila.**

	Abr-00	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene-01	Feb	Mar	AÑO
Bandera	102	34	0	10	0	4	82	217	105	186	75	88	903
Dorila	66	126	0	10	17	35	186	62	11	92	107	259	1.073

**Cuadro N° 3. Datos del cultivo.**

	Bandera	Dorila
Híbrido	A-6001 RR	A-4100 RR
Años de Agricultura	16	7
Cultivo Antecesor	Soja	Girasol
Primera Labor-Disco doble acción	14 jun-00	1 mar-00
Días de Barbecho	154	261
Fecha de Siembra	15 nov-00	17 nov-00
Emergencia	19 nov-00	23 nov-00
Distancia entre hileras (cm)	52	52
Densidad de Plantas (plantas/m)	20	16
Densidad de Plantas (plantas/ha)	386.000	307.000
Fecha de Floración (R2)	8 ene-01	9 ene-01
Fecha de Cosecha	15 abril-01	2 mayo-01

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se detallan en los Cuadros N° 4 y 5 para los sitios de Bandera y Gral. Pico, respectivamente. Por razones accidentales no pudo determinarse aceite y proteína en grano, por lo cual solamente se detallan el rendimiento en grano en kilos por hectárea.

Los resultados obtenidos no confirmaron el modelo de respuesta propuesto por Cordone y Martinez (2000) en relación al nivel de degradación del ambiente. Si bien las concentraciones de S disponible fueron de 11,9 y 6,7 ppm en los primeros 20 cm de suelo para Bandera y Dorila, respectivamente, el uso de este parámetro como elemento de diagnóstico no parece ser, en principio, de utilidad para definir una situación de

**Cuadro N° 4. Resultados Bandera.**

Dosis		Rendimiento en Grano (kg/ha)
SO <sub>4</sub> Mg.7H <sub>2</sub> O (kg/ha)	S- SO <sub>4</sub> (kg/ha)	
0	0	2.299 a
38	4,94	2.421 a
77	10,01	2.465 ab
154	20,02	2.246 b
308	40,04	2.360 a
615	79,95	2.316 a
LSD (0,05)		198,8

Los grupos de letras diferentes difieren significativamente ( $p > 0,05$ ).  
LSD (0,05)= Diferencia significativa mínima para  $P > 0,05$

**Cuadro N° 5. Resultados Dorila.**

Dosis		Rendimiento en Grano (kg/ha)
SO <sub>4</sub> Mg.7H <sub>2</sub> O (kg/ha)	S (kg/ha)	
0	0	3.643 a
18,75	2,43	3.535 a
37,5	4,87	3.566 a
75,0	9,75	3.187 a
150	19,50	3.069 a
300	39,00	3.374 a
LSD (0,05)		198,8

Los grupos de letras diferentes difieren significativamente ( $p > 0,05$ ).  
LSD (0,05)= Diferencia significativa mínima para  $P > 0,05$

deficiencia. Al respecto, y como se mencionó anteriormente, algunos autores no han hallado respuestas con valores iniciales de S disponible menores a 10 ppm, mientras otros autores han encontrado res-

puestas con niveles mayores a dicho contenido en suelos.

Los Cuadros N° 4 y 5 presentan el análisis de la varianza para ambos sitios, sin mostrar diferencias significativas entre los valores de rendimientos de los distintos tratamientos.

De acuerdo a los resultados y a la bibliografía preexistente, el nivel de S disponible en suelo no parece ser una herramienta de diagnóstico confiable que permita detectar con certeza la deficiencia de este elemento.

El criterio de "ambiente deficiente" (Cordone y Martinez, 2000) debería estar definido por variables cuantificables que permitan clasificar más concretamente un sitio determinado, a fin de definir la necesidad de aplicación de S al cultivo de soja.

## CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos, puede solamente afirmarse que no se encontró respuesta del cultivo de soja al agregado de azufre con niveles de S disponible de 6,7 y 11,9 ppm en los sitios analizados en Dorila y Bandera respectivamente.

En la búsqueda de una herramienta de diagnóstico confiable, que permita identificar la deficiencia de azufre en el cultivo de soja y, por lo tanto, la respuesta del cultivo al agregado de dicho elemento, el nivel de S disponible inicial en suelo no resulta ser un parámetro confiable.

La metodología de "ambiente deficiente" (Cordone y Martinez, 2000) debería ser definida con índices cuantificables y mensurables a fin de poder caracterizar distintos ambientes y así determinar las situaciones de deficiencia. Si bien los sitios analizados estuvieron encuadrados dentro del criterio general de ambiente deficiente los rendimientos alcanzados en ambos sitios, como la falta de respuesta al agregado de azufre, demostraron lo contrario.

## BIBLIOGRAFÍA

- AVELLANEDA, A.; J. AVELLANEDA; L. CABALLERO y F. GARCIA. 1999. Ensayo de fertilización de soja Establecimiento "San Marcelo"-Teodelina, Santa Fe, campaña 98/99. INPOFOS Cono Sur. Jornada de actualización técnica para profesionales, "Fertilización de Soja". Bolsa de Comercio de Rosario. 38-39.
- BARDSELY C.E. and J.D. LANCASTER. 1965. Acetate soluble sulfate. In: «Sulfur». Methods of soil analysis. Part 2. CA Black (Ed) A.S.A.- Agronomy Serie 9. Wisconsin. USA pp 1110-1113.

- BROWN, J.R.; W.O. THOM and L.L. WALL.** 1981. Effects of Sulfur on yield and composition of soybeans and soil sulfur. *Commun. Soil Science and Plant Analysis*. 12 (3), 247-261.
- CORDONE, G. y F. MARTINEZ.** 2000. El Azufre en el sistema productivo agrícola del Centro-Sur de Santa Fe. INPOFOS Cono Sur, Informaciones Agronómicas del Cono Sur. Nro 5. Marzo 2000. 12-14.
- CORDONE, G; F. MARTINEZ y R. ABRATE.** 1999. Fertilizar el trigo con Azufre y ganar con el rendimiento de la soja de segunda. INPOFOS Cono Sur. Jornada de actualización técnica para profesionales, "Fertilización de Soja". Bolsa de Comercio de Rosario. 18-21.
- HAM, G.E.; I.E. LIENER; S.D. EVANS; R.D. FRAZIER and W.W. NELSON.** 1975. Yield and Composition of soybean seed as affected by N and S fertilization. *Agronomy Journal*. 67:293-297.
- HANEKLAUS, S.; J. FLECKENTEIN and E. SCHNUG.** 1995. Comparative studies of plant and soil analysis for the sulphur status of oilseed rape and winter wheat. *Plant Nutrition and Soil Science*, 158, 109-111.
- JAT L.N.; V. NEPALIA and R.N. KUMAWAT.** 1999. Effect of weed management and sulphur fertilization on the productivity of soybean. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 69 (7) 521-522.
- MATHENY, T.A and P.G. HUNT.** 1981. Effects of irrigation and sulphur application on soybeans grown on a Norfolk loamy sand. *Commun. Soil Science and Plant Analysis*. 12 (2), 147-159.
- MELGAR, R. y J. LAVANDERA.** 1999. Resultados de los ensayos de fertilización en soja Campaña 1998/99. INPOFOS Cono Sur. Jornada de actualización técnica para profesionales, "Fertilización de Soja". Bolsa de Comercio de Rosario. 30-35.
- SCHEINER, J.; F. GUTIERREZ BOEM y R. LAVADO.** 1999. Experiencias de fertilización de soja en el centro norte de Buenos Aires. INPOFOS Cono Sur. Jornada de actualización técnica para profesionales, "Fertilización de Soja". Bolsa de Comercio de Rosario. 22-24.
- SWEENEY, D.W. and G.V. GRANADE.** 1993. Yield, nutrient and soil sulphur response to ammonium sulfate fertilization of soybean cultivars. *Journal of plant nutrition*. 16 (6), 1.083-1.095.