

RESPUESTA DE TRIGO-SOJA EN DOBLE CULTIVO A LA FERTILIZACIÓN CON AZUFRE ELEMENTAL PRETRATADO

MÓNICA BEATRIZ TYSKO & MÓNICA BEATRIZ RODRÍGUEZ*

Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Av San Martín 4453. (1407DSQ). Buenos Aires. Argentina.

*Correo electrónico: mrodrigu@agro.uba.ar.

Recibido: 10/02/06

Aceptado: 25/09/06

RESUMEN

La aparición de sitios con respuesta al S y la importante difusión del doble cultivo trigo-soja han motivado la búsqueda de nuevas estrategias de fertilización, como la aplicación de S al trigo con la expectativa de un efecto residual en la soja. En este contexto, el S elemental micronizado pretratado (**SEP**) aparece como una alternativa viable. El objetivo del trabajo fue determinar la respuesta del doble cultivo trigo-soja a la aplicación de **SEP**. En las provincias de Buenos Aires y Santa Fe se realizaron 5 experimentos de campo sobre suelos Molisoles. Los tratamientos fueron: testigo sin fertilización azufrada, 24 y 40 kg S ha⁻¹ (**0S**, **24S** y **40S**) aplicados como **SEP** a la siembra del trigo. En madurez fisiológica del trigo y de la soja subsiguiente, se determinaron los rendimientos de ambos cultivos y el nivel de S-SO₄⁼ en el suelo. Se observó respuesta significativa del trigo al agregado de SEP en 3 de los 5 sitios estudiados mientras que en la soja no se produjeron diferencias entre tratamientos. La respuesta observada en trigo estaría indicando una relativamente rápida disponibilidad del **SEP** para el cultivo. En la soja, la oferta de S del suelo y el SEP residual aplicado al trigo abastecieron los requerimientos del cultivo razón por la cual no se observaron diferencias con el testigo. Se concluye que el **SEP** constituye una fuente de S apta para ser utilizada en el cultivo de trigo mientras que el efecto residual de su aplicación dependerá del contenido de S en el suelo a la siembra del cultivo y potencial de mineralización de S de la materia orgánica.

Palabras clave. Fertilización azufrada, Azufre residual, fuentes de azufre, solubilidad, rendimientos.

RESPONSE OF THE DOUBLE CROP WHEAT-SOYBEAN TO ELEMENTAL SULFUR FERTILIZATION

ABSTRACT

The evidence of S deficiencies in soil and the diffusion of the double crop wheat-soybean motivated the optimization of fertilization strategies. One of them is the S applications to wheat expecting a residual effect in the following soybean crop. In this context, a non-conventional sulfur source, the pretreated micronized elemental sulfur (PES) seems to be an appropriate alternative. The objective of this work was to determine the response of wheat to S fertilization and the effect of the residual S to the following soybean. Five field experiments on Molisolls were developed in Buenos Aires and Santa Fe provinces. The treatments were: 0, 24 and 40 kg S ha⁻¹ applied as PES on wheat sowing time. At physiological maturity of both crops, yields and the S-SO₄⁼ soil level were determined. Significant response of wheat to SEP application was observed in 3 sites while no differences between treatments were detected in soybean. The wheat response indicated that the availability of PES was faster than usual for elemental sources of S. In soybean, instead, the availability of S to the crop from both soil mineralization and PES application was high enough to satisfy the requirements. We concluded that PES is a suitable source of S to wheat while its application in soybean will depend on the availability of S from mineralization of the soil organic matter.

Key words. Sulfur fertilization, Residual sulfur, Sulfur sources, Solubility, Yields.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los rendimientos y la calidad de los granos se han visto limitados en diversas zonas de la Región Pampeana por deficiencias de azufre (S) en los suelos (FAO, 2004). La exploración de las causas de estas deficiencias condujo a la asociación entre los sitios con respuesta y algunas características edáficas y producti-

vas tales como bajos niveles de S-SO₄⁼ en suelo, bajos contenidos de materia orgánica y prolongada historia de agricultura continua (Martínez & Cordone, 1998; Gutiérrez Boem, 2005).

Diversos ensayos de fertilización fosfatada y azufrada realizados en el doble cultivo trigo-soja de segunda en la provincia de Buenos Aires (Ventimiglia *et al.*,

2000), sur de Santa Fe (Martínez & Cordone, 2000; Cordone & Martínez, 2001; Salvagiotti *et al.*, 2004), centro-norte de Santa Fe (Albrecht *et al.*, 2000; Vivas *et al.*, 2001) mostraron respuestas a la aplicación de S en ambos cultivos. Estos resultados promisorios impulsaron el desarrollo de una amplia gama de fuentes de S en el mercado de los fertilizantes.

Los fertilizantes azufrados disponibles en el mercado argentino actual son en general fuentes combinadas de dos o más nutrientes y varían en su presentación, solubilidad y grado de S. Las fuentes más solubles son el sulfato de amonio (granulado) y tiosulfato de amonio (líquido); ambas con un grado de S relativamente bajo (24 y 26% respectivamente). Otra fuente utilizada actualmente es el yeso agrícola cuya solubilidad es menor a la de las sales solubles (Gambaudo *et al.*, 2006) y su grado de S es sustancialmente inferior al azufre elemental (S⁰) (18% vs 95-99%).

Una desventaja del S⁰ cuando es comparado con otras fuentes de S es la lenta liberación de sulfatos al suelo, como resultado de la oxidación; proceso altamente dependiente de factores como temperatura, humedad y tamaño de partícula. Watkinson *et al.* (1993) determinaron que en condiciones de campo el S elemental aplicado de 75 y 150 μm estuvo disponible en el suelo como sulfato al cabo de 60 días en el 70% sitios ensayados. En términos generales sugirieron que tanto en climas templados como cálidos, las partículas de S⁰ cuya granulometría fue menor a 150 μm presentaron la misma eficacia que el fertilizante soluble a base de sulfatos. Recientemente, apareció en el mercado argentino una alternativa al S⁰ denominada *azufre elemental pretratado y micronizado* (SEP). Se trata de una fuente de alto grado de S a la cual se le aplica un tratamiento físico, seguido de molienda (tamaño de partícula 43 μ) y peleteado. Los estudios preliminares indicaron que este tratamiento le otorgaría una mayor velocidad de liberación de S al suelo, en comparación con el S elemental convencional (Tysko, datos no publicados). Estos estudios coinciden con lo informado por Boswell y Gregg (1998) quienes observaron que, sin bien las partículas menores de 75 μ se oxidaron en su totalidad dentro del año de aplicación, el 70% de ellas estuvo disponible como sulfato antes del primer mes. Sumado a su alto grado de S, el SEP presenta compatibilidad física con el resto de los fertilizantes razón por la cual es una fuente apta para su utilización en la elaboración de mezclas físicas.

La relativamente menor velocidad en la liberación de sulfatos respecto de los fertilizantes solubles convierte al SEP en una fuente interesante para ser usada en el doble cultivo trigo-soja ya que el residuo del producto aplicado al trigo sería aprovechado por la soja subsiguiente.

Si bien se han realizado localmente estudios de residualidad, en los mismos se utilizaron fuentes solubles de S siendo poco concluyentes los trabajos que aplicaron S⁰ con respuesta significativa (Ventimiglia *et al.*, 2000). Los datos disponibles acerca del comportamiento del SEP en el suelo y la respuesta de los cultivos a su aplicación son escasos y justifican la realización de estudios específicos. Los objetivos del presente trabajo fueron determinar la respuesta de trigo y soja en doble cultivo a la aplicación de SEP en sitios seleccionados según criterios de respuesta probable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio y diseño experimental

Durante las campañas 2002/03 y 2003/04, se condujeron 5 ensayos de fertilización en la secuencia trigo-soja dentro de lotes de diferentes establecimientos ubicados en la zona norte de Buenos Aires y centro-sur de Santa Fe. Los suelos fueron caracterizados en sus propiedades químicas a la presiembrá del trigo para lo cual se tomaron muestras compuestas del horizonte superficial (0-20 cm) de todos los ensayos. En dichas muestras, se determinaron los contenidos de C total, N total, pH (1:2,5), P extractable (B & K) y S-SO₄⁼ (Ac NH₄; pH 5) siguiendo las metodologías descritas en Sparks (1996). Los valores analíticos obtenidos correspondientes a cada sitio se muestran en la Tabla 1

Todas las parcelas incluyendo al testigo, recibieron fertilización fosforada (SPT, granulado, 46% P₂O₅) y nitrogenada (urea granulada, 46% N) a fin de evitar deficiencias de P y N para los cultivos. Los tratamientos aplicados fueron: Testigo sin S (S0), 24 kg S ha⁻¹ (S24) y 40 kg S ha⁻¹ (S40) aplicados como azufre elemental micronizado y pretratado (SEP). En todos los sitios, el SEP fue aplicado juntamente con el SPT a la siembra con la máquina sembradora, siendo su ubicación al costado y debajo de la semilla. Tanto las tareas de conducción del trigo y la soja como los tratamientos fitosanitarios para cada sitio fueron realizados según la tecnología disponible en cada caso. Se llevaron registros climáticos durante ambos cultivos.

Determinaciones

En el momento de madurez fisiológica de ambos cultivos se realizaron determinaciones en muestras de suelo y planta.

En el suelo, se extrajeron en todos los sitios muestras compuestas (n=20) tomadas al azar de una profundidad de 0-20 cm. En dichas muestras se midieron los niveles de S-SO₄⁼ en suelo por medio de la técnica turbidimétrica descrita por Maynard *et al.* (1983). La misma emplea como extractante una solución ácida de acetato de amonio a pH 5. Esta solución extrae el azufre soluble, el adsorbido y parte de fracción orgánica fácilmente oxidable (Tabatabai, 1982). El contenido de S de la suspensión resultante se determinó por lectura en espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm.

En planta, se determinó la biomasa de granos en muestras de plantas tomadas de 1 m² de superficie, las cuales fueron posteriormente trilladas con máquina estacionaria y secadas en estufa hasta peso constante.

Tabla 1. Caracterización de los suelos donde fueron conducidos los ensayos.

Table 1. Soils characterization of the experimental sites.

| Sitio | Serie | Ct (g kg ⁻¹) | Nt (g kg ⁻¹) | pH (1:2,5) | P (ppm) | S-SO ₄ ⁼ (ppm) |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|------------|---|
| San A de Areco | Cap. Sarmiento (Argiudol típico) | 19,83 | 1,64 | 6,1 | 9,7 | 10,2 |
| 9 de Julio | Norumbega (Hapludol típico) | 16,13 | ND | 5,8 | 4,8 | 7,8 |
| Bdo.de Irigoyen | Clason (Argiudol típico) | 14,61 | 1,12 | 5,5 | 11 | 3,8 |
| Godeken 1 | Murphy (Argiudol típico) | 18,16 | 1,53 | 5,8 | 10,2 | 10,9 |
| Godeken 2 | Murphy (Argiudol típico) | 14,92 | 1,09 | 5,4 | 14,1 | 5,1 |

Análisis estadístico

El efecto de la fertilización azufrada sobre los rendimientos del trigo y la soja fue evaluado por ANOVA. Las diferencias entre medias de los tratamientos se determinaron por LSD ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Respuesta del trigo a la aplicación de azufre

Los rendimientos del trigo en los 5 sitios estudiados se presentan en la Tabla 2.

Los rendimientos del trigo variaron entre 1.088 y 4.156 kg grano ha⁻¹. Independientemente de la dosis aplicada se observaron diferencias significativas respecto del

testigo en 3 de los 5 sitios estudiados ($p < 0,05$). Sólo en uno de ellos (Bdo. de Irigoyen) se detectaron además, diferencias significativas entre las dosis aplicadas.

Los valores de respuesta a la aplicación de SEP variaron entre 208 (San A de Areco) y 465 kg de grano ha⁻¹ (9 de Julio). En San A de Areco, se produjo un exceso hídrico previo a cosecha en trigo, que predispuso a una alta ocurrencia de enfermedades fúngicas (*Puccinia recondita* y *Fusarium graminearum*) asociadas con el exceso de agua. Estas enfermedades provocaron una importante disminución de los rendimientos pero no interfirieron en la expresión de la respuesta a la aplicación de SEP.

A pesar de que el contenido inicial de S mineral del suelo de todos los sitios estuvo por debajo de 11 ppm, valor considerado por algunos autores como umbral de

Tabla 2. Rendimientos de trigo observados en los sitios estudiados correspondientes a las dosis de 0, 24 y 40 kg ha⁻¹ de S-SEP (Testigo, S 24 y S 40, respectivamente).Table 2. Wheat yield values observed in the experimental sites corresponding to 0, 24 and 40 kg ha⁻¹ of S-SEP (control, S 24 and S 40 respectively).

| Sitio | Rendimiento (kg ha ⁻¹) | | | |
|---------------|------------------------------------|---------|---------|-----|
| | Testigo | S 24 | S 40 | DS* |
| San A. Areco | 1.088 a | 1.410 b | 1.401 b | 191 |
| 9 de Julio | 2.941 a | 3.361 b | 3.406 b | 219 |
| Bdo. Irigoyen | 2.440 a | 2.649 a | 2.887 b | 233 |
| Godeken 1 | 2.965 a | | 3.093 a | 186 |
| Godeken 2 | 3.413 a | 3.855 a | 3.947 a | 662 |

*DS: desvío standard.

respuesta a la fertilización azufrada (Ferraris *et al.*, 2004), en dos de ellos (Gödeken 1 y Gödeken 2) no se detectó respuesta a la fertilización. En dichos casos, la respuesta al S podría haber sido limitada por factores del clima y/o del suelo. Entre los factores del clima, las precipitaciones son determinantes de la respuesta a la fertilización ya que condicionan la absorción del nutriente por el cultivo. Las precipitaciones medias mensuales para las campañas 2002/03 y 2003/04 en los sitios donde se ubicaron los ensayos y los promedios mensuales de la serie climática histórica se presentan en las Figuras 1 a, b, c y d.

Como se deduce de la figura, en los 2 sitios sin respuesta se produjeron escasas precipitaciones durante el ciclo del trigo (69 y 100 mm para Gödeken 1 y Gödeken 2, respectivamente). Sin embargo, las abundantes lluvias acumuladas durante el barbecho previo (284 y 262 mm) garantizaron un balance hídrico positivo en el suelo razón por la cual no puede considerarse a este factor como limitante de la respuesta.

Entre los factores del suelo que condicionan la respuesta a la fertilización azufrada se encuentra el nivel de S disponible en el suelo durante el ciclo del cultivo. En la Tabla 3 se presentan los valores de los niveles de $S-SO_4^-$ del suelo en cada sitio experimental al inicio y fin de cada experimento.

El S disponible fue estimado como la suma del S inicial del suelo y el S del fertilizante aplicado, asumiendo que éste último se oxidó en un 100% durante el ciclo del cultivo en razón de su granulometría pequeña y composición física tal como proponen varios autores (Watkinson *et al.*, 1993). Los datos disponibles fueron insuficientes para calcular el nivel de S mineralizado a través de un balance preciso; no obstante ello, permiten sugerir algunas hipótesis. En primer lugar, los valores de rendimientos de todos los tratamientos en los sitios sin respuesta (incluidos los testigos) fueron en general mucho más elevados comparados con aquellos sitios donde se observó respuesta. Esta tendencia, estaría indicando un alto aporte de S proveniente de la mineralización de la materia orgánica, lo que relativizó el aporte por fertilización. En el sitio Gödeken 1, por ejemplo, los valores de rendimiento del testigo fueron elevados y similares a los del tratamiento fertilizado, razón por la cual puede asumirse que los niveles de S absorbido por ha fueron similares. Consecuentemente, la diferencia entre los valores inicial y final en el suelo podría atribuirse a un excedente que habría coincidido en valores absolutos, con la dosis de fertilizante. En Gödeken 2, la tendencia fue diferente, ya que si bien los rendimientos del trigo también fueron elevados, se observaron diferencias entre los tratamien-

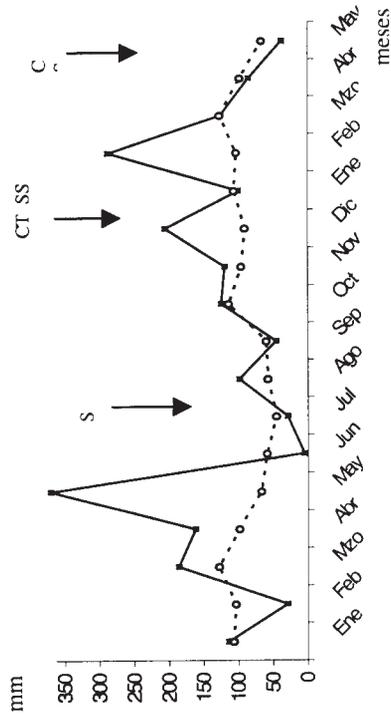
Tabla 3. Valores de $S-SO_4^-$ ($kg\ ha^{-1}$) en suelo correspondientes a los sitios evaluados medidos a la siembra y cosecha del cultivo de trigo.

Table 3. $S-SO_4^-$ values determined in the experimental sites at sowing time and physiological maturity of the wheat.

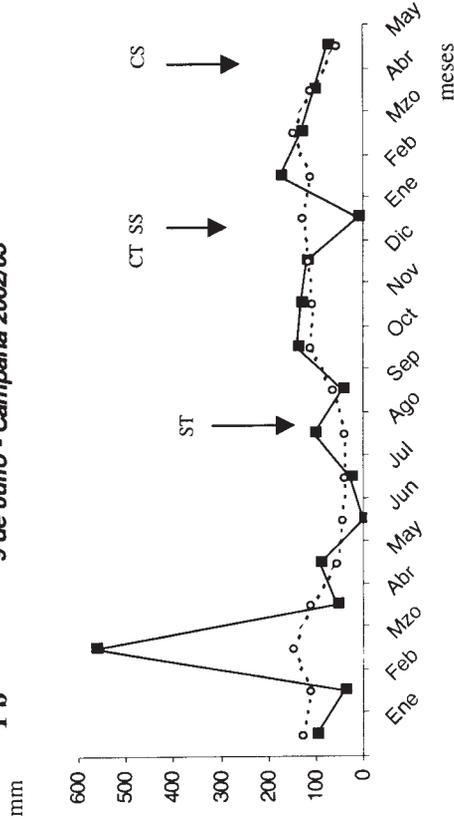
| Sitio | $S-SO_4^-$ ($kg\ S\ ha^{-1}$) | | | | |
|---------------|---------------------------------|-----------|----------------|---------------|---------|
| | Tratamientos | S inicial | S fertilizante | S disponible* | S final |
| San A Areco | S 0 | 25,75 | 0 | 25,75 | 16 |
| | S 24 | 25,75 | 24 | 49,75 | 13 |
| | S 40 | 25,75 | 40 | 65,75 | 16 |
| 9 de Julio | S 0 | 19,5 | 0 | 19,5 | 12 |
| | S 24 | 19,5 | 24 | 43,5 | 15,7 |
| | S 40 | 19,5 | 40 | 59,5 | 10,5 |
| Bdo. Irigoyen | S 0 | 9,5 | 0 | 9,5 | 7,5 |
| | S 24 | 9,5 | 24 | 33,5 | 7,5 |
| | S 40 | 9,5 | 40 | 49,5 | 8,7 |
| Gödeken 1 | S 0 | 27,25 | 0 | 27,2 | 16 |
| | S 40 | 27,25 | 40 | 67,2 | 16 |
| Gödeken 2 | S 0 | 12,75 | 0 | 12,75 | 15,7 |
| | S 24 | 12,75 | 24 | 36,7 | 11,2 |
| | S 40 | 12,75 | 40 | 52,7 | 26,7 |

*S disponible: S inicial + S fertilizante.

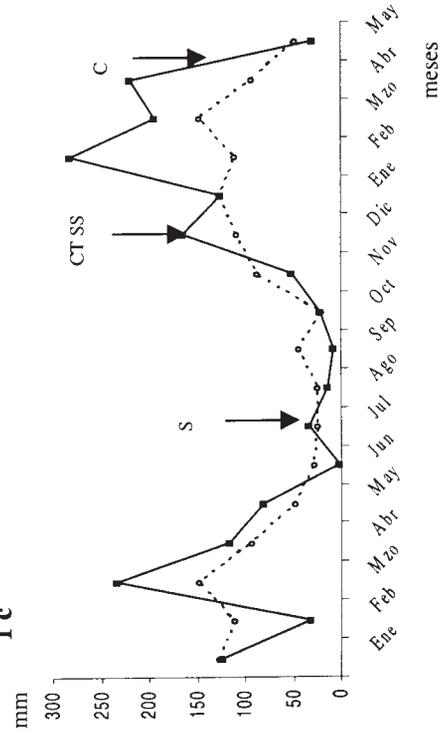
1 a San A. Areco - Campaña 2002/03



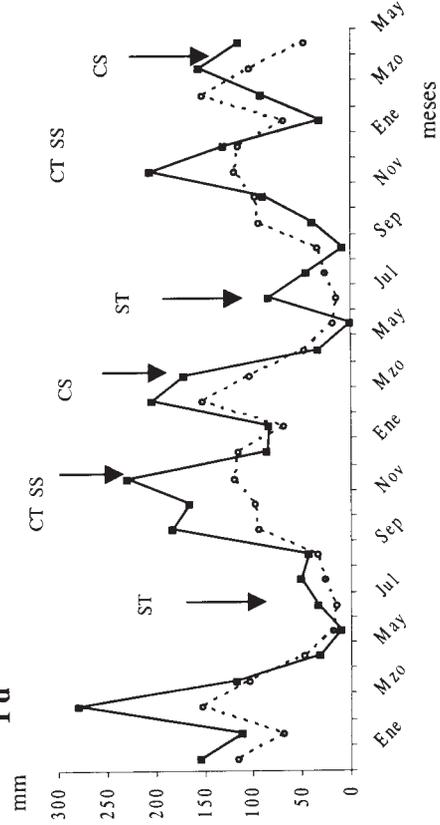
1 b 9 de Julio - Campaña 2002/03



1 c Bdo de Irigoyen- Campaña 2002/03



1 d Godoken Campaña 2002/03 y 2003/04



Figuras 1a, 1b, 1c y 1d. Precipitaciones mensuales (—) y valores promedio de ocurrencia de precipitación histórica (-----) en los sitios experimentales durante las campañas 2002/03 y 2003/04. ST: Siembra de Trigo; SS: Siembra de Soja; CS: Cosecha de Soja.
 Figures 1a, 1b, 1c and 1d: Monthly amounts of rainfall (—) and average of the historical climatic serie (-----) corresponding to the experimental sites during the 2002/2003 and 2003/2004 periods. ST: wheat sowing time; CT: wheat physiological maturity; SS: soybean sowing time; CS: soybean physiological maturity.

tos que no resultaron estadísticamente significativas. En este caso, la falta de diferencias con el testigo pudo atribuirse a la dispersión en los datos correspondientes representada por un desvío standard muy superior al observado en el resto de los sitios. En el sitio Bdo. Irigoyen, los bajos niveles de S inicial no significaron deficiencias de S en el suelo ya que los rendimientos de los tratamientos testigos fueron altos y similares a los de la dosis S 24. Esto podría deberse a que el requerimiento de S de los cultivos se vio satisfecho en gran medida por el aporte de S proveniente de la mineralización de la MO.

Nuestros datos coinciden con los ensayos realizados hasta el momento en sitios con similares condiciones agro climáticas (Ventimiglia *et al.*, 2000). Sin embargo, cabe destacar que si bien han obtenido respuestas del orden de 200 a 350 kg ha⁻¹ para trigo y 53 a 600 kg ha⁻¹ para soja, con frecuencia las fuentes de fertilizantes utilizadas estuvieron formuladas con varios nutrientes (S, Ca, P y N) lo que impide aislar el efecto del S sobre los rendimientos.

La obtención de respuesta al SEP en 3 de los 5 sitios estudiados demuestra que esta fuente pudo aportar S al cultivo de trigo. Es por ello que el SEP se comportaría como una fuente de disponibilidad adecuada de azufre debido a su gradual pero rápida oxidación y su valor como fertilizante en la rotación trigo-soja no quedaría restringido al aprovechamiento del efecto residual del mismo por la soja.

2.- Respuesta de la soja al efecto residual de la aplicación de SEP al trigo

Los rendimientos de la soja variaron entre 2.222 y 3.414 kg ha⁻¹. En todos los casos se observaron diferencias entre los tratamientos y el testigo aunque dichas di-

ferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 4).

Estos resultados difieren de la tendencia observada en los últimos años la cual indica que la fertilización con P y S al trigo puede ser aprovechada por ambos cultivos (García, 2000; Cordone *et al.*, 2002; Díaz Zorita *et al.*, 2002).

Así como se postuló para el trigo, la falta de respuesta a la aplicación de SEP pudo deberse a factores climáticos y/o del suelo. Con respecto a la ocurrencia de precipitaciones que determinaron la disponibilidad de agua, en todos los casos excepto en Gödeken 2, ésta fue adecuada para el desarrollo del cultivo.

En cuanto al nivel inicial de S en el suelo como factor potencialmente limitante de la respuesta, en nuestro estudio dicho valor fue elevado en todos los casos. Esto nos permite inferir que el cultivo contó con S suficiente para cubrir su demanda. Este S inicial podría provenir tanto de un remanente de fertilizante no utilizado por el cultivo de trigo como así también de la mineralización del S orgánico siendo esta la causa determinante de la falta de respuesta a la aplicación del SEP. Dado que los testigos sin fertilización mostraron altos rendimientos, la respuesta al azufre residual no se evidenció ya que los incrementos por fertilización resultaron muy pequeñas. De modo que, contando con una oferta de S de tal magnitud, la respuesta a la fertilización se tornó improbable. En San A de Areco y 9 de Julio, hubiera sido posible una respuesta al S residual no utilizado por el trigo cuyos rendimientos fueron inferiores a la media histórica. Sin embargo, esto no ocurrió ya que la soja sin fertilizar en ambos sitios tuvo rendimientos muy elevados, superiores a la media histórica, lo que demuestra que el requerimiento de nutrientes fue satisfecho a partir de la mineralización de la MO. Esto se evidencia en la Tabla 5 donde la mayoría de los va-

Tabla 4. Rendimientos de soja observados en los sitios estudiados correspondientes a las Dosis 0, 24 y 40 kg ha⁻¹ de S-SEP (Testigo, S 24 y S 40, respectivamente).

Table 4. Soybean yield values observed in the experimental sites corresponding to 0, 24 and 40 kg ha⁻¹ of S-SEP (control, S 24 and S 40 respectively).

| Sitio | Rendimiento en kg ha ⁻¹ | | | |
|-----------------|------------------------------------|---------|---------|-------|
| | Testigo | S 24 | S 40 | DS* |
| San A. Areco | 2.222 a | 2.438 a | 2.901 a | 829 |
| 9 de Julio | 2.597 a | 3.033 a | 2.712 a | 730 |
| Bdo. Irigoyen 1 | 3.355 a | 3.414 a | 3.364 a | 208 |
| Godeken 1 | 2.563 a | | 2.762 a | 362 |
| Godeken 2 | 2.636 a | 2.528 a | 2.920 a | 1.037 |

*DS: desvío Standard.

lores de S final de los tratamientos testigos fueron menores que los fertilizados.

CONCLUSIONES

El SEP mostró ser una fuente apta de S para el trigo ya que se observó respuesta a su aplicación en 3 de los 5 sitios estudiados. Su disponibilidad en el suelo dentro

de los 5 meses de aplicado fue lo suficientemente rápida como para garantizar la respuesta del cultivo. Contrariamente a lo esperado, no se observó respuesta de la soja subsiguiente al S residual, por ser elevados los niveles de S disponible (S inicial + S mineralizado). Esta circunstancia se asocia al aporte de S proveniente de la mineralización de la MO. Se requieren más estudios a fin de establecer las condiciones en las cuales es posible esperar la respuesta de estos cultivos a la fertilización azufrada independientemente de la fuente aplicada.

Tabla 5. Valores de $S-SO_4^=$ en $kg \cdot ha^{-1}$ correspondientes a los sitios evaluados medidos en suelo a la siembra (S inicial) y cosecha (S final) del ciclo de la soja.

Table 5. $S-SO_4^=$ values determined in the experimental sites at sowing time and physiological maturity of soybean.

| Sitio | Tratamientos | $S-SO_4^= (kg S ha^{-1})$ | | | |
|-------------|--------------|---------------------------|----------------|---------------|---------|
| | | S inicial | S fertilizante | S disponible* | S final |
| San A Areco | S 0 | 16 | 0 | 16 | 14,2 |
| | S 24 | 13 | 0 | 13 | 16,7 |
| | S 40 | 16 | 0 | 16 | 20,7 |
| 9 de Julio | S 0 | 12 | 0 | 12 | 6,7 |
| | S 24 | 15,7 | 0 | 15,7 | 5,0 |
| | S 40 | 10,5 | 0 | 10,5 | 9,5 |
| Gödeken 1 | S 0 | 16 | 0 | 16 | 9,0 |
| | S 40 | 16 | 0 | 16 | 15,5 |
| Gödeken 2 | S 0 | 15,7 | 0 | 15,7 | 14,5 |
| | S 24 | 11,2 | 0 | 11,2 | 20,2 |
| | S 40 | 26,7 | 0 | 26,7 | 23,0 |

*S disponible: S inicial + S fertilizante.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por ICI S.A.I.C. Las autoras agradecen al Ing. Agr. Raúl Lavado por sus comentarios del manuscrito y a los Ing Agr. Hector Carta, Hugo Fontanetto, Liliana Marbán, Fernando Mousegne, Luis Ventimiglia, Hugo Vivas y Mario Sosa por su participación en los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

Albrecht, R; H Vivas & H Fontanetto. 2000. Residualidad del fósforo y azufre en soja sobre dos secuencias de cultivos. Campaña 1999/2000. INTA EEA Rafaela- Centro Regional Santa Fe-*Publicación miscelánea* 93(6): 1-5.

Boswell, C & GP Greg. 1998. Sulphur fertilizers for grazed Pasture Systems. In: Maynard D.G(ed.). Sulphur in environment., Marcel Dekker, N.Y. pp 95-134

Cordone, G & F Martinez. 2001. Efecto de la aplicación de distintas dosis de nitrógeno y azufre sobre el rendimiento del doble cultivo trigo-soja. *Informaciones Agronómicas*, INPOFOS, 13: 14-16.

Cordone, G; F Salvaggiotti; F Martinez; H Pedrl; J Castellarin *et al.* 2002. Efecto residual del cultivar y fertilización del trigo sobre el rendimiento de la soja de segunda en distintos ambientes del sur de Sta Fe. INTA Oliveros Pub.Misc Soja: 66-68.

- Díaz Zorita, M; F García & R Melgar. 2002. Fertilización en soja y trigo-soja. Respuesta a la fertilización en región pampeana. Boletín Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino. 44 pag.
- Ferraris, G; F Salvagiotti; P Prystupa & F Gutiérrez Boem. 2004. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la Fertilización. *En: Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Paraná.
- FAO, 2004. Fertilizer use by crop in Argentina. 46 pp.
- Gambaudo, S; M Torres Duggan, & O Quaino. 2006. Evaluación de fuentes azufradas en trigo en argiudol típico del centro de Sta Fe. INTA Rafaela Informaciones técnicas trigo campaña 2006. Pub. Misc. 105: pp 45-48.
- García, F. 2000. Requerimientos nutricionales de los cultivos. *En: Jornada de actualización para profesionales*. Rosario, Abril de 2000. Pp: 40-43.
- Gutiérrez Boem, F. 2005. Fertilización de soja. *En: Fertilización de cultivos de granos y pasturas. Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana*. Coordinador: R Álvarez, FAUBA (eds). 174 pp.
- Martínez, F & G Cordone. 1998. Resultados de ensayos de fertilización azufrada en soja. Soja, campaña 97/98, INTA Oliveros (ed). pp 53-57.
- Martínez, F & G Cordone (2000) Avances en el manejo del azufre. Novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz. Jornada de actualización técnica para profesionales Fertilidad 2000, INPOFOS, Rosario, pp 28-30.
- Maynard, DG; YP Kalra & EG Radford. 1987. Extraction and determination of sulfur inorganic horizons of forest soils. *Soil Sci.Soc.Amer. J.* 51: 801-805.
- Salvagiotti, F; G Gerster; S Bacigalupo; J Castellarín *et al.*, 2004. Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. *Ciencia del Suelo* 22: 92-101.
- Sparks, L. 1996. Chemical methods. *In: Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI. USA. 1390 PP.
- Tabatabai, MA 1982. Sulfur. *In: AL Page et al. (ed.) Methods of soil analysis*. Part 2. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Ventimiglia, L; H Carta & S Rillo. 2000. Efecto de la fertilización azufrada en el cultivo de trigo sobre los rendimientos de trigo y soja de segunda siembra. *Revista Tecnológica Agropecuaria del INTA Pergamino* 15: 15-17.
- Vivas, H; H Fontanetto; R Albrecht & JL Hotian. 2001. Fertilización con fósforo y azufre para la producción de trigo en el departamento de San Jerónimo (Santa Fe). *Informaciones Agronómicas* 10: 1-4.
- Watkinson, JH & GJ Blair. 1993. Modeling the oxidation of elemental sulfur in soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 35(1-2): 115-126.