

Avances en el manejo del Azufre Novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz

Fernando Martínez y Graciela Cordone
UEEA INTA Casilda – Santa Fe
cordone@inta.gov.ar

Introducción

El suelo del Centro-Sur de Sante Fe ha sido explotado intensamente con cultivos para grano durante 100–120 años, con predominio de soja en los últimos 30. Para los rendimientos medios obtenidos actualmente, la exportación media anual de Azufre (S) es 10 kg/ha.año, aproximándose a la de Fósforo (P), que es de 14 kg/ha.año (1). Andriulo y Galantini informan una pérdida de 6,5 kg/ha/año de S y de 14,75 kg/ha/año de P para 80 años de agricultura continua sobre un suelo de génesis y uso semejantes a los de esta región (2). El incremento de los rendimientos unitarios aumenta la tasa de exportación de todos los nutrientes si no se reponen vía fertilización, y se verifica un gradual aumento de la relación de exportación de S vs. exportación de P (1),(3) y (4).

La información nacional producida permitió avanzar en el diagnóstico de fertilización fosforada, disponiéndose actualmente de un método de análisis de suelo confiable y un método de recomendación ajustado y funcional para P. Este método no resultaba consistente en soja y consecuentemente se inició en 1992/93 un programa exploratorio de respuesta de soja a otros nutrientes en interacción con P, dirigido especialmente a S. Para 1993 el programa se amplió a los otros cultivos importantes sembrados en la región.

La mayor parte del S edáfico se encuentra en formas orgánicas y sujeto por lo tanto a la dinámica de la materia orgánica. Las plantas toman S como SO_4^{2-} , producto de la oxidación microbiana de la M.O. Cualquier factor que intervenga en la dinámica de la MO resultará en mayor o menor disponibilidad de S- SO_4^{2-} (5).

Soja es el principal cultivo de la región desde hace más de 20 años, y es probable que lo siga siendo por los próximos 20 años. El suministro inicial de S a las plantas de soja actúa mejorando la nodulación (4),(6),(7),(8). El alto requerimiento de N de soja puede ser cubierto por la nodulación hasta un cierto punto. La información experimental disponible indica que al favorecer la nodulación temprana produce se incremento en los rendimientos. Se infiere que el incremento de rendimiento que se obtiene por fertilización azufrada se debería en parte a la disponibilidad de S para la síntesis de proteínas con aminoácidos azufrados y, en parte, a un mayor abastecimiento de Nitrógeno (N) al cultivo por la mejor actividad simbiótica (7),(8). Razonablemente podría decirse que el S es el nutriente estratégico en soja por su importancia en la nutrición nitrogenada del cultivo.

Trigo y maíz son las gramíneas que más se cultivan en esta región. En algunos ambientes del área se alcanzó un “plateau” para la fertilización con N + P utilizando los híbridos de mayor potencial. La adición de S permitió incrementar los rendimientos

logrados en las últimas campañas e indicaría una situación de déficit generalizado del nutriente. Al no contar con el mecanismo de fijación biológica de N en gramíneas se hizo necesario avanzar en la fertilización balanceada N – S. La información experimental obtenida en los primeros años indicó que la dosis de S aplicada excedía largamente al incremento de exportación de S producido por el aumento de rendimiento; ocurría lo contrario en N: el N agregado junto con S se aprovechaba en mayor proporción que cuando se aplicaba solo (9)(10). En maíz se aplicó una dosis de S equivalente a la exportación del rendimiento histórico del productor. En trigo se aplicó una dosis de S suficiente para satisfacer los requerimientos de los rendimientos históricos de trigo/soja de 2ª. En todos los cultivos se aplicó P en la dosis recomendada a partir del análisis Bray I.

Resultados

Una de las líneas de trabajo se orientó a desarrollar un método de análisis–diagnóstico de fertilización azufrada que coincidiera metodológicamente con los desarrollados para N y P en trigo y maíz. La bibliografía consultada a nivel mundial informaba las mismas dificultades que se iban presentando localmente (11). Estas dificultades propias de la dinámica y del manejo del azufre, sumadas a restricciones y problemas operativos aconsejaron intensificar la actividad con una estrategia de experimentación.

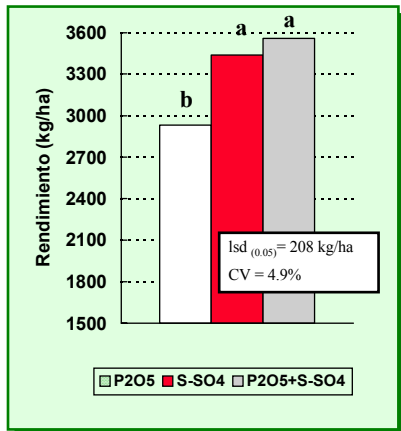
Esta otra línea de trabajo se basó en la experimentación-transferencia en campo de productores, metodología ampliamente utilizada por la Unidad INTA Casilda en otros temas. Con sus resultados fue posible ajustar un método tentativo de recomendación de fertilización azufrada basado en la caracterización de “ambientes deficientes” (12),(13).

Los resultados de fertilización azufrada en trigo/soja, soja I y maíz fueron publicados en (6),(7),(8),(9),(10),(14) y (15). En estos trabajos se informa sobre las siguientes experiencias: fertilización directa en soja I (1993/94–1995/96), fertilización directa en soja II (1994/95–1997/98) y fertilización residual en soja II (1996/97–1997/98). Para la Campaña 1998/99 se informa sobre: fertilización en trigo/soja II, fertilización NPS en maíz, fertilización directa en soja I, fertilización directa en soja II y fertilización directa en soja con fuentes N–S.

También se ha evaluado el comportamiento de distintos cultivares x fertilización: el programa PROSOJA, con participación de INTA Casilda, realizó en 1998/99 un ensayo de fertilización con los materiales de su red de evaluación. En todos los grupos de madurez se observaron incrementos del tratamiento fertilizado comparado con el tratamiento control. Los incrementos medios obtenidos fueron: 15,3 % para 5 cvs del GM III; 25,9 %, para 33 cvs del GM IV; 26,6 % para 15 cvs del GM V corto; 30,3 % para 15 cvs del GM V largo; 25,2 % para 22 cvs del GM VI; y 27,6 % para 13 cvs del GM VII. En algunos casos se registraron interacciones significativas entre cultivares x fertilización.

En los siguientes gráficos se presentan algunos resultados obtenidos en fertilización directa de soja I y soja II en la campaña 1998/99.

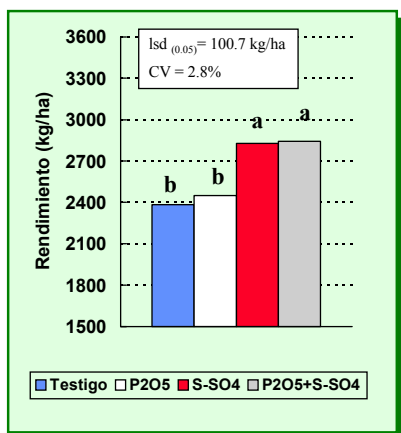
Efecto de la fertilización directa sobre el rendimiento de soja I
Región Centro-Sur de Santa Fe. Promedio de 6 sitios. Campaña 1998/99



- Rendimiento promedio de los 6 sitios: entre 26.8 q/ha y 41.7 q/ha.
- Dosis de nutrientes: 1) 23 kg/ha de P_2O_5 , 2) 12 kg/ha de $S-SO_4$.
- Serie de suelo: Casilda, Chabás, Correa (Argiudoles típicos) y Peyrano (Argiudol vértico).
- Grupo madurez de los cultivares: IV, V corto, V largo y VI.
- Fuentes azufradas: Sulfato de amonio, sulfonitrato de amonio, sulfato doble de potasio y magnesio, sulfato de magnesio y sulfato de calcio.
- Fuentes fosforadas: Superfosfato triple y fosfato diamónico.

F. Martínez y G. Cordone, 1999. INTA Casilda

Efecto de la fertilización directa sobre el rendimiento de soja II
Región Centro-Sur de Santa Fe. Promedio de 5 sitios. Campaña 1998/99



- Rendimiento promedio de los 5 sitios: entre 23.1 q/ha y 32.6 q/ha.
- Dosis de nutrientes: 1) 23 kg/ha de P_2O_5 , 2) 12 kg/ha de $S-SO_4$.
- Serie de suelo: Casilda (Argiudol típico), relieve plano a moderadamente erosionado.
- Grupo madurez de los cultivares: VI.
- Fuentes azufradas: Sulfato de amonio, sulfonitrato de amonio, sulfato doble de potasio y magnesio, sulfato de magnesio y sulfato de calcio.
- Fuente fosforada: Superfosfato triple.
- Labranza: Siembra Directa.

F. Martínez y G. Cordone, 1999. INTA Casilda

Novedades en la Campaña 1999/2000

Tema: **Dosis**

- En trigo/soja II se está evaluando la mezcla compuesta por 80 kg/ha N + 17 kg/ha S, frente a 55 kg/ha N + 24 kg/ha S de la mezcla utilizada en la campaña 1998/99. Los resultados obtenidos en trigo mostraron prácticamente el mismo incremento que la campaña anterior. (información presentada para su publicación en Revista INTA Oliveros, N° 11).
- En maíz se elevó la dosis de N de 80-90 kg N/ha a 120 kg N/ha, manteniéndose la dosis de 12 kg S/ha. (resultados sin procesar)
- En soja I y soja II se evalúan dosis desde 5 a 24 kg S/ ha. Las dosis más comunes oscilan entre 9 a 12 kg S /ha. (experimentos en cosecha).

Tema: **Fuentes**

- Se incorporaron al programa de experimentación nuevas fuentes: Azufre 95 (S elemental 95% granulado), Yeso granulado (S-SO₄²⁻ 17%), solos y en mezclas con P y Super Fosfato Simple (varias procedencias, P₂O₅ 20,5–23% + S-SO₄²⁻ 11–13%).
- Se evalúan también soluciones de S para aplicación foliar (experimentos a cosechar).

Tema: **P x S**

- Se evaluaron mezclas de fuentes azufradas con fosforadas, elevando la dosis de P de 23 a 46 kg P₂O₅³⁻/ha como dosis standard (experimentos a cosechar).

Tema: **Cultivares x fertilización**

- Se esta evaluando el comportamiento de cultivares de distinto GM con tres niveles de fertilización (experimentos a cosechar)

Tema: **Otros nutrientes**

- Se han realizado experimentos exploratorios con otros nutrientes. (Mg, K, B, Cu y Zn).

Tema: **Calidad industrial**

- Se han realizado análisis preliminares del contenido de proteína y aceite en soja. Se observó una tendencia a mantener el porcentaje de proteína y a aumentar el de aceite.

Bibliografía citada

- (1) “El Azufre en la Agricultura”. G. Cordone y F. Martínez. Material entregado en Seminario Técnico sobre Fertilización Azufrada en Soja, Trigo y Maíz. UEEA INTA Casilda, 10 y 24 de Septiembre de 1998.
- (2) “Exportación y balance edáfico de nutrientes despues de 80 años de agricultura continua”. A. Andriulo y J. Galantini. Carpeta de Producción Vegetal. Generalidades. Información n° 147. INTA Pergamino. Marzo 1996.
- (3) “El Azufre en el Sistema Productivo Agrícola del Centro-Sur de Santa Fe”. F. Martínez y G. Cordone. Para mejorar la producción 11-campaña 1998/99. Soja. Septiembre 1999. EEA INTA Oliveros. p. 72-76.
- (4) “Azufre en la Región Pampeana”. F. Garcia. Material entregado en “Seminario Técnico sobre Fertilización Azufrada en Soja, Trigo y Maíz”. UEEA INTA Casilda, 10 y 24 de Septiembre de 1998.
- (5) “Azufre”. G. Cordone. Material entregado en “Seminario Técnico sobre Fertilización Azufrada en Soja, Trigo y Maíz”. UEEA INTA Casilda, 10 y 24 de Septiembre de 1998.

- (6) "Fertilización azufrada en soja" F. Martínez y G. Cordone. Material entregado en "Seminario Técnico sobre Fertilización Azufrada en Soja, Trigo y Maíz".. UEEA INTA Casilda, 10 y 24 de Septiembre de 1998.
- (7) "Fertilización Azufrada en Soja". F. Martínez y G. Cordone. Revista Agromercado N° XXVI. Cuadernillo Soja. Septiembre 1998. pág. 6-8.
- (8) "Resultados de ensayos de fertilización azufrada en soja". F. Martínez y G. Cordone. Para mejorar la producción 8 -campaña 1997/98. Soja. Noviembre 1998. EEA INTA Oliveros. p. 53-60.
- (9) "Fertilización Azufrada". Cordone G., F. Martínez y R. Abrate. Revista Agromercado N° 34. Cuadernillo Trigo. Junio 1999. pág. 2-6.
- (10) "Respuesta del maíz a la fertilización azufrada en franjas exploratorias. G. Cordone y F. Martínez. Evaluación de la producción física y de la viabilidad económica". Para mejorar la producción 10-campaña 1998/99. Maíz. Agosto 1999. EEA INTA Oliveros. p. 47-50.
- (11) "Determinación del nivel de S en material vegetal y en suelo". G. Cordone. Material entregado en "Seminario Técnico sobre Fertilización Azufrada en Soja, Trigo y Maíz".. UEEA INTA Casilda, 10 y 24 de Septiembre de 1998.
- (12) "Concepto de ambiente Deficiente". G. Cordone y F. Martínez. Material entregado en "Seminario Técnico sobre Fertilización Azufrada en Soja, Trigo y Maíz".. UEEA INTA Casilda, 10 y 24 de Septiembre de 1998.
- 13) "Concepto de ambientes deficientes: Una aproximación al diagnóstico de la deficiencia de Azufre". G. Cordone. Jornada de Intercambio Técnico 99, Zona Centro. AAPRESID. Bolsa de Comercio, Rosario, 26 de mayo de 1999.
- (14) "Respuesta de la Soja de Segunda a la Fertilización Azufrada en Trigo". G. Cordone, F. Martínez y R. Abrate. Para mejorar la producción 11-campaña 1998/99. Soja. Septiembre 1999. EEA INTA Oliveros. p.77-81.
- (15) "Fertilización Azufrada". Cordone G. y F. Martínez. Revista Agromercado N° 40. Cuadernillo Soja. Octubre 1999. p. 11-14.