

## FERTILIZACION DEL MAIZ EN EL SUR DE CORDOBA. INTERACCION ENTRE NITROGENO Y AZUFRE.

**Castillo Carlos, Esposito Gabriel, Balboa Ricardo.**  
**Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta 36 km 601. (5800) Río Cuarto Córdoba.**  
**TE: (0358)-4676504. e-mail: [ccastillo@ayv.unrc.edu.ar](mailto:ccastillo@ayv.unrc.edu.ar)**

### INTRODUCCIÓN

La intensificación de las actividades agrícolas en las últimas tres décadas en la región pampeana trajo aparejada una gran extracción de nutrientes del suelo, que no fueron repuestos con la misma intensidad, siendo los más afectados aquellos que provienen de la materia orgánica tales como el nitrógeno, el fósforo y el azufre (García, 2000).

Entre ellos, el azufre ha sido uno de los menos investigados, aunque últimamente se están realizando diversos estudios a nivel mundial (Weil and Mughogho, 2000) y en Argentina (García, 2000). De este modo Relun (2005) señaló que en siembra directa es factible esperar una menor mineralización del S de la materia orgánica del suelo.

Además, el rendimiento del maíz presentó en la última década un importante incremento como consecuencia de la introducción de nuevos híbridos (Echarte *et al.* 2006) y de los cambios en la tecnología de su producción (Miguez y Windauer, 2004).

Existen antecedentes de respuestas al agregado de azufre en maíz mostrando evidencias de una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno y poniendo de manifiesto la necesidad de realizar una fertilización balanceada (Salvagiotti *et al.*, 2002).

Cordone *et al.* (2002) encontraron respuesta al agregado de S cuando están cubiertas las necesidades de N y P en ambientes de productividad intermedia (entre 7-11 Mg ha<sup>-1</sup>), mientras que la respuesta fue menor en los más pobres y casi nula en los de mayor potencial.

González Montaner y Di Napoli (2002) en Santa Fé, obtuvieron en promedio, por fertilizaciones azufradas, 1736 kg ha<sup>-1</sup> en el 45 % de los ensayos realizados. Además hallaron que el nivel de nitratos del suelo a la siembra explicó la respuesta a la aplicación de nitrógeno y azufre. Por otro lado, Melchiori *et al.* (2005) en Entre Ríos encontraron respuesta al S en el 20% de los sitios evaluados (20 en total) y no hallaron correlaciones entre la misma y los niveles de sulfatos ni con la materia orgánica del suelo.

Capurro *et al.* (2002) señalaron una interacción significativa entre el N y S, dado que a dosis elevadas de N se puede esperar una mayor producción por el agregado de S.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto interactivo de la fertilización con N y S sobre el rendimiento del maíz en siembra directa en el sur de Córdoba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en establecimientos agropecuarios ubicados en el sur de Córdoba, en las localidades de Melo (Dpto. Roque Saenz Peña), Holmberg, San Basilio y La Aguada (Dpto. Río Cuarto), durante las campañas agrícolas 2004/05 y 2005/06.

En cada ensayo se probaron dos dosis de azufre (0 y 13 kg S ha<sup>-1</sup>) en combinación con tres de nitrógeno, según el sitio en estudio. En San Basilio y Holmberg se comparó la dosis recomendada (DR) por el modelo de diagnóstico de N (NP-Zea, Gesumaría *et al.* 2000) contra un 25 % inferior y superior a ella. En Melo, se probó la DR contra un +/-50% y en La Aguada la DR contra un +/-33% DR. El azufre se aplicó como tiosulfato de amonio (SolPLUS, 12% N y 26% S) y el nitrógeno como UAN (SolUAN 30% N y 2,6% S), ambos fertilizantes se aplicaron al estado ontogénico de 6 hojas, chorreados entre líneas, con equipo pulverizador de parcelas provisto de una fuente de presión con CO<sub>2</sub>.

Los diferentes tratamientos fueron compensados en las dosis de nitrógeno. En todos los ensayos las parcelas fueron de 20 m de largo por 6 surcos a 0.52 m de ancho. Los híbridos empleados fueron DK 682 MG y Nidera AX 882 MG. El diseño experimental utilizado, fue un diseño factorial N x S, en bloques completos aleatorios, con tres repeticiones espaciales.

Las mediciones que se realizaron para diagnosticar los requerimientos nutricionales respectivos en cada sitio experimental al momento de la siembra fueron, fósforo disponible, materia orgánica y S-SO<sub>4</sub><sup>=</sup>. En el estado de 6 hojas se determinó el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

La cosecha se realizó manualmente en 4 muestras de 6 metros lineales en los surcos centrales de las parcelas. Los rendimientos se expresan en kg ha<sup>-1</sup> de acuerdo a la base de comercialización. Como los niveles productivos entre localidades fueron diferentes, se procedió a estandarizarlos mediante el cálculo de índices de producción sobre el rendimiento promedio por localidad (base 100). Del mismo modo fueron tratados los niveles de N en cada localidad. Finalmente estos índices fueron transformados en kg grano ha<sup>-1</sup> y en kg de N ha<sup>-1</sup> con el promedio de todos los sitios para su mejor comprensión.

Los datos de producción de granos fueron analizados mediante ANAVA, comparación de medias con el test LSD (p>0.05) y análisis de regresión lineal, empleando el paquete estadístico INFOSTAT.

## RESULTADOS

Como puede apreciarse en la Tabla 1, las condiciones del suelo evidenciaron alta disparidad entre sitios experimentales. No obstante, en todos ellos los valores de S de Sulfatos se encontraron por encima del valor umbral de 10 ppm citado por Messick (1992).

**Tabla 1:** Propiedades químicas del suelo (0-20 cm profundidad) por sitio experimental

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Mat. Org. (%)</b>	<b>N-Nitratos (ppm)</b>	<b>Fósforo (ppm)</b>	<b>S-Sulfatos (ppm)</b>
San Basilio	2.06	88.56	18	14
Holmberg	1.83	42.56	31	15
Melo	1.54	14.25	20	18
Río Cuarto	2.60	48.12	23	16
La aguada	1.72	25.21	9	14

Del análisis estadístico de los rendimientos en grano surge que en las todas las localidades se encontró interacción significativa N\*S (Tabla 2). Este tipo de interacción se explica porque en las menores dosis de N hubo respuesta al agregado de azufre, disminuyendo la misma a medida que se aumenta el nivel de N aportado por el fertilizante (Figura 1). Estos resultados contradicen a lo propuesto por Capurro *et al.* (2002) quienes señalaron la existencia de respuesta al S en dosis elevadas de N, mientras que son coincidentes con los hallados por Cordone *et al.* (2002) dado que los mismos encontraron mayor respuesta al S en ambientes de productividad intermedia que en los de máxima.

**Tabla 2:** Análisis estadístico para el rendimiento por localidad

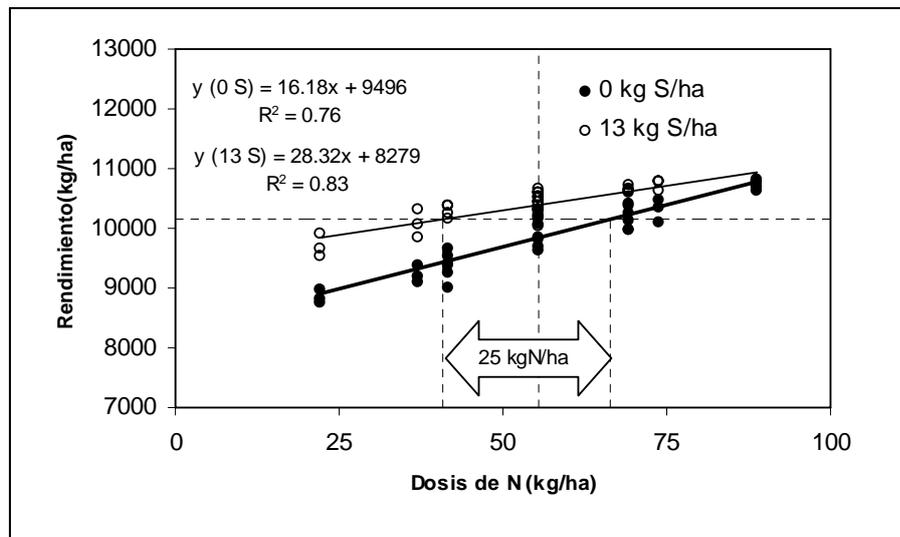
<b>Localidad</b>	<b>N*S Valor p</b>
San Basilio	0.032
Holmberg	0.001
Melo	0.045
La aguada	0.042

En la Figura 1, se puede observar que los rendimientos de maíz aumentaron a razón de 28.32 y 16.18 kg/ha por cada kg de N agregado en la dosis de 0 y 13 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Además la reducción en la respuesta al S por cada kg de aumento en la fertilización con N fue de 12.14 kg grano ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, la respuesta a la fertilización con azufre en la DR fue en promedio de 544 kg grano ha<sup>-1</sup>.

Este comportamiento diferencial permite interpretar que para la obtención del rendimiento promedio (10157 kg ha<sup>-1</sup>) fue necesario utilizar 25 kg N ha<sup>-1</sup> menos en el tratamiento con 13 kg S ha<sup>-1</sup> que en el no fertilizado con S. De este modo el uso de S supone un ahorro en la dosis de N.

El metabolismo del N dentro de las hojas de maíz depende de la disponibilidad de S-SO<sub>4</sub><sup>-</sup> en las mismas y que un déficit de este, interfiere en la actividad de la enzima nitrato reductasa y glutamino sintetasa necesarias para la transformación de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y para la síntesis de proteínas azufradas respectivamente (Friedrich and Schrader 1978). Por esta razón

es posible que en situaciones de menor disponibilidad de N cobre mayor importancia la suficiencia de S.



**Figura 1:** Rendimiento de maíz según dosis de N y de S. Línea punteada horizontal (rendimiento promedio). Línea punteada vertical central (dosis recomendada promedio según NP-Zea (Gesumaría *et al.* 2002)).

Las respuestas a la fertilización encontradas fueron independientes de la provisión de S del suelo, coincidiendo con lo propuesto por Ferraris *et al.* (2005) en cuanto a la falta de correlación entre la respuesta al agregado de S y la disponibilidad del mismo a nivel del suelo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las cuales se desarrolló la experiencia se puede concluir que por efecto del sinergismo entre el N y S, se puede disminuir la dosis de N ante el agregado de S manteniendo los mismos niveles productivos.

## BIBLIOGRAFIA

- CAPURRO J., C. FIORITO, M. GONZÁLEZ Y R. PAGANI. 2002. Fertilización del cultivo de maíz en Cañada de Gómez (Santa Fe): Resultados del ensayo campaña 2001/02. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 15: 8-11. INPOFOS Argentina.
- CORDONE G., MARTÍNEZ F., ABRATE, R. 2002. Fertilización azufrada de cultivos extensivos en el Centro-Sur de la Provincia de Santa Fe (Argentina). XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Varadero. Cuba.
- ECHARTE L., F. ANDRADE, V. SADRAS, P. ABBATE. 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Field Crops Res.* 96.:307-312.

- ESPOSITO G., J. GESUMARIA, C. CASTILLO, E. ZORZA, F. SAYAGO, F. DAITA. 1997. “Estudio de situación del sistema de siembra directa, en diferentes cultivos en el área de influencia de la U.N.R.C. Actas Resúmenes IV Jornadas Científico-Técnicas de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto. 204-206.
- FERRARIS G., F. GUTIERREZ BOEM, P. PRYSTUPA, F. SALVAGIOTTI, L. COURETOT Y D. DIGNANI 2005. Fertilización azufrada en maíz en la pampa ondulada. VIII Congreso Nacional de maíz. Trabajos presentados y resúmenes de conferencias. Rosario. Argentina.: 162-165.
- FRIEDRICH, J.; L. SCHRADER. 1978. Sulfur Deprivation and Nitrogen Metabolism in Maize Seedlings. *Plant Physiol.* 61(6): 900–903.
- GARCIA, F. 2000. Avances en Investigación y Experimentación en Fertilización de Cultivos Extensivos en Argentina. INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur. Tercera Conferencia Fertilizantes Cono Sur organizada por British Sulphur Pub. Punta del Este (Uruguay).
- GESUMARIA, J. C. CASTILLO, G. ESPOSITO, R. BALBOA. 2000. “NP-Zea ~ Programa para el cálculo de dosis de nitrógeno y fósforo”. DNDA Exp. 97476.
- GONZALE MONTANER J. y DI NAPOLI M. 2002. “Asociación de respuestas a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en siembra directa.” XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn (Chubut). 16 al 19 de Abril.
- MELCHIORI R., O. CAVIGLIA, N. FACCENDINI 2005. Exploración de deficiencias de azufre en Entre Ríos. VIII Congreso Nacional de maíz. Trabajos presentados y resúmenes de conferencias. Rosario. Argentina.: 201-204.
- MESSICK D. L. 1992. Soil test interpretation for sulphur in the United States, an overview. *Sulphur in Agriculture*, 16:24-25.
- MIGUEZ F., L. WINDAUER. 2004. Efecto de la fertilización con sulfato de amonio sobre el rendimiento, contenido de proteína y aceite en grano de maíz. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. UBA. Volumen 22. Versión en línea.*
- RELUN G. 2005. Sulfur Management for Corn Growth with Conservation Tillage. *Soil Sci Soc Am J* 69:709-717.
- SALVAGIOTTI F., H. PEDROL, J. CASTELLARÍN, A. VERNIZZI y O. ROSSO. 2002. Maíz Zona Núcleo: Efecto de la fertilización balanceada con nitrógeno y azufre sobre el rendimiento y sus componentes y sobre la rentabilidad . EEA Oliveros INTA
- WEIL R., S. MUGHOGHO. 2000. Sulfur Nutrition of Maize in Four Regions of Malawi. *Agron. J.* 92:649–656.