

Efecto de la fertilización con fósforo, azufre y potasio en cultivos de maíz en la pampa ondulada

Pablo Prystupa¹, Fernando Salvagiotti², Gustavo Ferraris³, Flavio Gutiérrez Boem¹,
Javier Elisei⁴, Lucrecia Couretot²

¹Facultad de Agronomía UBA, ²EEA INTA Oliveros, ³EEA INTA Pergamino, ⁴AFA Pergamino
prystupa@agro.uba.ar

Artículo publicado en *Informaciones Agronómicas*, No. 23, Agosto 2004

Introducción

En la región pampeana, la disponibilidad de nitrógeno (N) y fósforo (P) aparecen como las principales limitantes nutricionales en los cultivos de cereales. En la pampa ondulada, desde principios de la década del '80 se han observado respuestas a la fertilización fosforada en cultivos de maíz (Senigagliesi et al., 1984). Desde entonces, la disponibilidad de P en los suelos de la región ha disminuido marcadamente y, como consecuencia, en los últimos años aumentó el uso de fertilizante fosforados en este cultivo (García, 2001).

Las respuestas al agregado de azufre (S) en cultivos de maíz en el sur de Santa Fe y norte de Buenos Aires han sido más frecuentes en las últimas campañas (Cordone et al., 2001; Pedrol et al., 2001; Thomas et al., 2001). Sin embargo, no se dispone de un método de diagnóstico para deficiencias de este nutriente en maíz o en otros cultivos de la región. Por ej., en una red de más de 40 de ensayos de fertilización en soja se observaron respuestas frecuentes a la fertilización azufrada, pero estas respuestas no estuvieron asociadas al nivel de sulfatos en el suelo (Echeverría et al., 2002). Cuando se compararon distintos extractantes, se observó que el contenido de sulfatos extraído con acetato de amonio se asoció moderadamente a la respuesta en soja, aunque los resultados no fueron concluyentes (Ferraris et al., 2004). La falta de asociación entre la respuesta del maíz a la fertilización azufrada y la disponibilidad de sulfatos en el suelo podría deberse a que no se ha detectado todavía cual es el extractante más adecuado.

Las situaciones de baja disponibilidad de P y S no ocurren de manera aislada, sino que se combinan de diversas maneras. No se conocen estudios acerca de la interacción entre la aplicación de P y S sobre el rendimiento del cultivo de maíz, tanto en la pampa ondulada como en otras regiones del mundo. Con respecto al potasio (K), no se han observado respuestas a la fertilización con este elemento en cultivos extensivos de la región pampeana. La continua extracción de nutrientes por los cultivos puede determinar que los nutrientes que históricamente han sido suficientes para la producción agrícola empiecen a ser deficientes, como ha sido el caso del S en la región. Por lo tanto, es necesario explorar periódicamente la aparición de situaciones de deficiencia de K en los cultivos de la región.

El objeto de esta red de ensayos fue estudiar los efectos de la fertilización fosforada, azufrada, su interacción y los efectos de la fertilización potásica sobre el rendimiento de cultivos de maíz.

Ensayos realizados

Se realizaron siete experimentos a campo, distribuidos desde el centro-sur de Santa Fe hasta el centro-norte de Buenos Aires. Las características salientes de los sitios experimentales se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Características principales de los diferentes sitios experimentales.

Nº	Localidad	Dpto/Partido	Provincia	Sistema Labranza	Años Agricultura	Tipo de suelo
1	San Jerónimo	San Lorenzo	Santa Fe	SD	> 50	Argiudol vértico
2	Monje	San Jerónimo	Santa Fe	SD	> 30	Argiudol típico
3	Oliveros	San Lorenzo	Santa Fe	SD	> 10	Argiudol típico
4	Wheelwright	Gral. López	Santa Fe	SD	> 20	Argiudol típico
5	Arroyo Dulce	Salto	Bs As	SD	> 20	Argiudol típico
6	El Dorado	L.N. Alem	Bs As	LC	1	Hapludol típico
7	Junín	Junín	Bs As	SD	> 20	Hapludol típico

Los tratamientos correspondieron a la aplicación de P, S y K a la siembra, utilizando fosfato monoamónico, sulfato de calcio y cloruro de potasio como fuentes; detallándose a continuación:

P0S0: Testigo absoluto sin fertilización.

P1S0: 30 kg P/ha incorporado en bandas al costado o por debajo de la semilla.

P0S1: 30 kg S/ha como sulfato aplicados al voleo

P1S1: 30 kg P/ha incorporado en bandas + 30 kg S/ha como sulfato aplicados al voleo.

P1S1K1: 30 kg P/ha incorporado en bandas + 30 kg S/ha como sulfato aplicados al voleo + 100 kg K/ha aplicados al voleo.

Los cuatro primeros tratamientos conforman un factorial P x S. El quinto tratamiento tuvo por objeto explorar la respuesta a K. Todos los tratamientos fueron fertilizados con 150 kg ha⁻¹ de N a la siembra (como urea). El diseño fue en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones.

Previo a la siembra, sobre una muestra de 0-20 cm se determinó pH y los contenidos de nitratos (N-NO₃⁻), materia orgánica (MO%), P disponible (Bray1) y sulfatos (S-SO₄). Para la profundidad de muestreo, el contenido de sulfatos se determinó utilizando tres extractantes: acetato de amonio (AcNH₄), cloruro de potasio (KCl) y fosfato diácido de potasio (K₂PO₄) (Tabla 2). La cosecha se realizó en forma manual.

Tabla 2. Análisis de suelo de los sitios experimentales

Localidad	MO %	P ppm	K ppm	pH	N-NO ₃ ppm	S-SO ₄ (ppm)				
						K ₂ PO ₄	KCl 40C	AcNH ₄		
						0-20	0-20	0-20	20-40	40-60
San Jerónimo	2,9	13,2	449	5,6	6,3	16,1	7,9	13,5	14,9	23,0
Monje	2,2	11,8	507	5,7	7,0	6,0	8,6	8,2	5,3	3,9
Oliveros	1,9	21,1	536	5,5	6,4	4,7	7,0	5,7	4,0	4,9
Wheelwright	2,2	6,3	595	6,2	2,2	10,3	9,7	12,5	11,9	7,3
Arroyo Dulce	1,6	7,3	566	5,9	8,4	3,3	4,3	5,3	1,6	1,6
El Dorado	3,2	11,4	663	5,6	13,9	10,3	4,9	12,0	10,6	7,5
Junín	3,0	11,9	692	5,6	15,4	10,5	4,7	8,0	6,0	6,3

Resultados y discusión

I. Respuesta al potasio

No se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tratamiento fertilizado con P y S, y el tratamiento fertilizado con P, S y K en ninguno de los sitios experimentales (Fig. 1). Por lo tanto, el agregado de K no afectó los rendimientos. Los valores de K intercambiable de los suelos pueden considerarse como muy altos teniendo en cuenta que los umbrales para maíz mencionados en la literatura internacional varían entre 110 y 200 ppm (Haby et al., 1990).

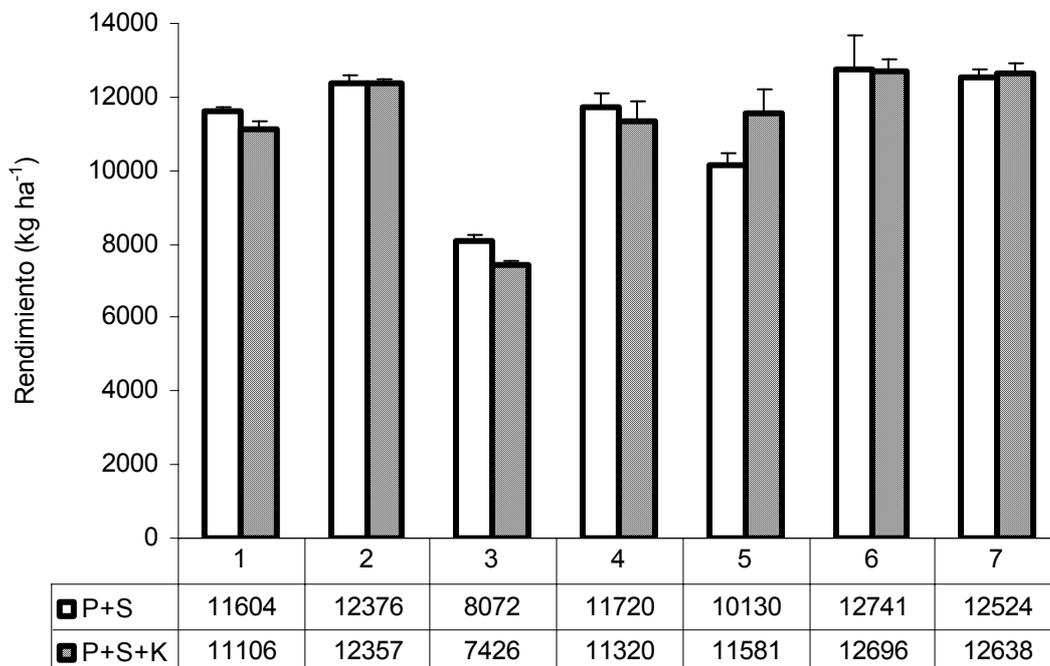


Figura 1. Rendimiento del tratamiento fertilizado con P, S y K y del fertilizado con P y S en los siete sitios experimentales. La barra representa la media de cuatro tratamientos y la línea sobre la barra el error estándar.

II. Respuesta al fósforo y al azufre

En todos los sitios experimentales se observaron aumentos del rendimiento por efecto de la fertilización fosforada o azufrada (Tabla 3; Fig. 2). Las respuestas a P fueron de 700 a 2600 kg ha⁻¹, mientras que a S fueron de 700 a 1750 kg ha⁻¹. No se observaron interacciones significativas entre los dos nutrientes ($p > 0.05$) (Tabla 3). En los ensayos de San Jerónimo y Arroyo Dulce, la respuesta a la fertilización azufrada tendió a ser mayor en los tratamientos sin fertilización fosforada. Por el contrario, en Wheelwright la respuesta al S tendió a ser mayor en los tratamientos que recibieron fertilización fosforada que en los que no los recibieron. Por consiguiente, con la información disponible no podemos sacar conclusiones generales acerca de la interacción de estos dos nutrientes.

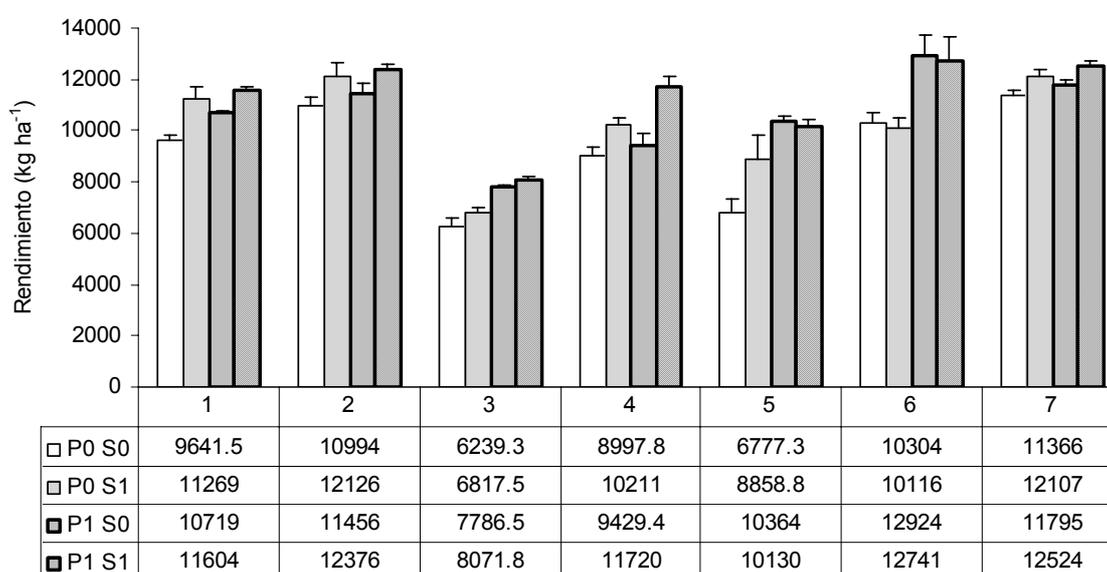


Figura 2. Rendimiento del cultivo de maíz con diferentes dosis de P y S en cada sitio experimental.

Tabla 3. Análisis de varianza para rendimiento en cada sitio experimental.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7
	San Jerónimo	Monje	Oliveros	Wheelwright	Arroyo Dulce	El Dorado	Junín
	----- valores de p -----						
P	*	0.34	*	*	*	*	0.07
S	*	*	0.10	*	0.13	0.78	*
PxS	0.07	0.33	0.55	0.07	0.06	0.99	0.41

El asterisco indica efectos significativos ($p < 0.01$)

III El análisis de sulfatos en el suelo y el diagnóstico de las deficiencias de azufre

El empleo de distintos extractantes determinó diferentes resultados de concentración de sulfatos en el suelo. Los valores determinados usando al

cloruro de potasio como extractante, no guardaron relación con los obtenidos con otros extractantes. La cantidad de sulfatos extraída con acetato de amonio estuvo relacionada con la extraída con fosfato diácido de potasio ($r^2=0.77$).

La respuesta al agregado de S no guardó ninguna relación con el nivel de sulfatos a la siembra (0-20 cm) con ninguno de los tres extractantes empleados, ni con el nivel de sulfatos hasta 60 cm, con el contenido de materia orgánica, ni con el cociente MO/arcilla. La única variable de suelo que mostró alguna asociación con la respuesta del maíz fue la concentración de nitratos de 0 a 20 cm (Fig. 3). Esta asociación entre la respuesta a la fertilización azufrada y el contenido de nitratos se puede deber a que tanto los nitratos como los sulfatos provienen de la materia orgánica del suelo y, por lo tanto, es esperable que un suelo con baja capacidad de producir nitratos también genere pocos sulfatos. Quizás el nivel de nitratos a la siembra sea un buen estimador de la capacidad de mineralización de los suelos (tanto de N como de S orgánico). De todas formas, son pocos sitios y la relación observada es muy dependiente del sitio con la mayor respuesta como para afirmar que esta relación se va a mantener cuando se agreguen resultados de más experimentos.

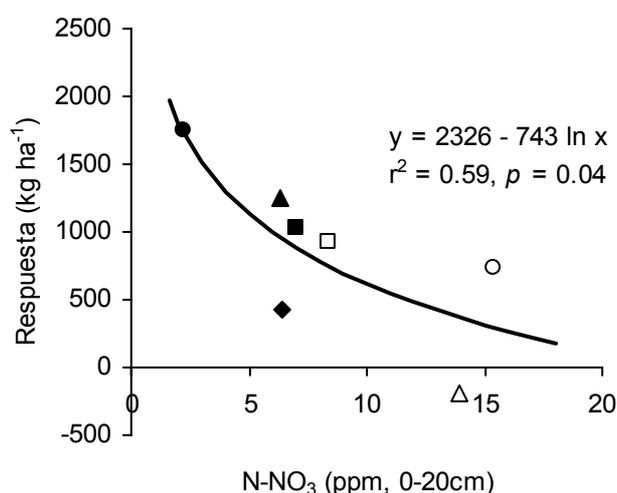


Figura 3: Relación entre la respuesta a la fertilización azufrada y la concentración de N como nitratos a la siembra (0-20cm).

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de INPOFOS-Cono Sur.

Referencias

Cordone G., F. Martinez, R. Abrate, J. Capurro, A. Gargicevich, O. Gentili, J. Mendez, G. Prieto y N. Trentino. 2001. Fertilización de maíz en distintos ambientes de la Región Pampeana Norte. *Informaciones Agronómicas* 11: 15-17.

- Echeverría H., 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. INTA EEA Pergamino, septiembre, 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: 144.
- García F.O. 2001. Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana. Informaciones Agronómicas 9:1-3.
- Haby V.A., M.P. Ruselle y E.O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium, and magnesium. En: R.L. Westerman (ed.) Soil testing and plant analysis. SSSA, Madison, pp. 181-227.
- Pedrol H., F. Salvagiotti, J. Castellarín, N. Trentino, J. Mendez, J. Capurro, J.C. Felizia, O. Gentili, A. Gargicevich, G. Prieto, D. Damen y A. Gelin. 2001. Respuesta de maíz a nitrógeno y azufre en sistemas agrícolas del sur de Santa Fe. VII Congreso Nacional de Maíz.
- Senigaliesi C., R. García y M. Galetto. 1984. Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada y fosforada en el área centro norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe. III Congreso Nacional de Maíz: 238-244.
- Thomas A., M. Boxler, B. Alvarez de Toledo, R. Houssay, L. Martín, A. Berardo y F.O. García. 2001. Red de nutrición CREA sur de Santa Fe. Resultados de la campaña 2000/2001: Maíz. Informaciones Agronómicas 11: 5-10.