

## **Efecto de la forma de aplicación del fósforo sobre el rendimiento de trigo en Entre Ríos**

Pedro A. Barbagelata y Ricardo J. M. Melchiori  
INTA - EEA Paraná

### **INTRODUCCION**

En los últimos años se ha producido una gran expansión e intensificación de la producción agrícola en la región pampeana argentina y particularmente en la provincia de Entre Ríos. Esta intensificación se ha generado, en parte, por el cambio en el sistema de labranza tradicional hacia la siembra directa (SD). Por lo general los suelos de la región presentan bajos niveles de fósforo disponibles para las plantas (Tasi, 2000; García et al., 2006) debido a la baja reposición de nutrientes exportados con las cosechas de forrajes y granos y/o a características inherentes a los materiales originarios de los mismos.

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y su uso como fertilizante ha demostrado efectos positivos en la producción de cultivos agrícolas de la región (García et al., 1997; Berardo et al., 1999; Barbagelata et al., 2001).

Se ha sugerido que la respuesta a la fertilización fosfatada aplicada en líneas es probablemente superior a la aplicación al voleo cuando los suelos son muy deficientes en fósforo o presentan alta capacidad de fijación de fosfatos (Mallarino, 1997). Sin embargo, los suelos de la región son por lo general muy deficientes en P, con baja capacidad de fijación de fosfatos (Quintero et al., 1996) y requieren dosis de fertilizantes fosfatados elevadas, las que aplicadas junto a las semillas pueden causar fitotoxicidad y además generan inconvenientes operativos al momento de la implantación del cultivo, incrementando el tiempo de reabastecimiento de las sembradoras, con un mayor costo de aplicación en comparación con aplicaciones al voleo en cobertura total.

Se han informado experiencias donde aplicaciones en cobertura anticipadas en sistemas de siembra directa han resultado tan eficientes como la fertilización localizada para suelos de lowa con amplio rango de disponibilidad de P (Mallarino, 1998), así como también para la región pampeana núcleo (Bianchini et al., 2006) y en Entre Ríos (Barbagelata et al., 2000). En sistemas de siembra directa la adsorción de P por los constituyentes del suelo en las capas superficiales a menudo son menores comparadas con suelos laboreados en forma convencional debido a que la falta de remoción y mezcla reduce el contacto de los fertilizantes con los coloides del suelo, disminuye la fijación y consecuentemente incrementa la disponibilidad de este nutriente para los cultivos (Fink y Wesley, 1974; Dick 1983; Guertal et al., 1991).

Sin embargo en nuestra región existe aun poca información acerca de la respuesta del cultivo de trigo a la fertilización fosfatada y a la forma de aplicación del P. Se hipotetiza que no existen diferencias entre la aplicación de P incorporado en la línea de siembra y al voleo en cobertura total sobre el rendimiento de trigo en siembra directa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó una red de 19 ensayos de fertilización fosfatada en trigo en siembra directa en lotes comerciales de producción durante las campañas 2006 y 2007, diez y nueve sitios respectivamente, descriptos por Barbagelata y Melchiori (2008). Los lotes seleccionados tenían una historia de SD continua de al menos 5 años. La tabla 1 muestra información relacionada con los sitios bajo estudio. Los tratamientos evaluados en cada sitio fueron: un testigo (sin P), 12, 24 y 36 kg de P ha<sup>-1</sup> aplicados al voleo en forma anticipada a la siembra y 24 kg de P ha<sup>-1</sup> aplicados en la línea junto a las semillas, al momento de la siembra. La fuente de P utilizada fue superfosfato triple de calcio. Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Al momento de la siembra se aplicaron al voleo dosis uniformes de N y S de manera que estos nutrientes no limitaran el rendimiento de los cultivos. Se extrajeron muestras de suelo compuestas por 30 submuestras en cada bloque previo a la aplicación de los fertilizantes (0-20 cm). Se determinó el contenido de P extraíble por Bray1. En madurez del cultivo se determinó el rendimiento de granos del cultivo mediante cosecha manual sobre un área de 2 m<sup>2</sup> o mecánica sobre 20 m<sup>2</sup>.

Los resultados se evaluaron mediante análisis de la varianza para el conjunto de los sitios y para cada sitio. Se dividió la suma de cuadrados de tratamientos en los siguientes contrastes: Testigo versus tratamientos fertilizados; 24 kg de P ha<sup>-1</sup> aplicado al voleo anticipado versus la misma dosis aplicada en líneas a la siembra.

Tabla 1. Caracterización, contenido de P Bray 1 (0-20 cm) y días entre la fertilización anticipada y la siembra (DAS) de los sitios estudiados.

Sitio	Ubicación		Fecha de Siembra	Cultivar	Cultivo Antecesor	P Bray 1 (mg kg <sup>-1</sup> )	DAS (días)
	Departamento	Distrito					
1	Paraná	Sauce	23/06/2006	Línea T 114 (INTA)	Soja	17.0	38
2	Paraná	Sauce	23/06/2006	PROINTA Gaucho	Maíz	7.6	38
3	Paraná	Sauce	21/07/2006	PROINTA Gaucho	Maíz	4.1	66
4	Paraná	Sauce	04/07/2006	PROINTA Gaucho	Soja	8.7	49
5	Paraná	Tala	23/06/2006	BAGUETTE P.13	Girasol	4.1	37
6	Paraná	Tala	23/06/2006	BAGUETTE P.13	Soja	6.4	37
7	Diamante	Palmar	07/07/2006	KLEIN Tauro	Maíz	8.6	45
8	Nogoyá	Chiqueros	21/07/2006	ACA 801	Soja	11.9	70
9	Gualeduaychú	Cuchilla Rda.	22/06/2006	R. INIA Churrinche	Soja	5.5	31
10	Gualeduaychú	Cuchilla Rda.	06/06/2006	R. INIA Tijetera	Soja	8.1	15
11	Paraná	Sauce	19/06/2007	BIOINTA 1003	Soja	14.8	29
12	Paraná	Sauce	21/06/2007	Línea T 114 (INTA)	Maíz	9.1	31
13	Paraná	M. Grande 1 <sup>a</sup>	25/06/2007	KLEIN Chajá	Maíz	7.4	34
14	Paraná	M. Grande 1 <sup>a</sup>	20/06/2007	KLEIN Chajá	Soja	6.5	29
15	Paraná	Quebracho	17/07/2007	R. INIA Condor	Girasol	5.4	56
16	Nogoyá	Chiqueros	20/06/2007	KLEIN Chajá	Soja	4.1	27
17	Nogoyá	Chiqueros	20/06/2007	KLEIN Chajá	Soja	5.0	27
18	Victoria	Rcón. del Doll	04/07/2007	BAGUETTE P. 11	Soja	4.8	29
19	Diamante	Palmar	22/06/2007	KLEIN Chajá	Soja	12.9	17

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones de crecimiento a través de sitios y años resultaron en rendimientos en grano de trigo promedio de los tratamientos testigo de  $3328 \text{ kg ha}^{-1}$  con un mínimo de  $1671$  y un máximo de  $5328 \text{ kg ha}^{-1}$ , en tanto el tratamiento con la máxima dosis de P promedió  $3956 \text{ kg ha}^{-1}$  con un rango de  $1978$  a  $5620 \text{ kg ha}^{-1}$ . El análisis de varianza del efecto de la fertilización con P sobre el rendimiento de trigo en SD indicó una respuesta en rendimiento altamente significativa ( $P < 0.0001$ ) para el conjunto de los sitios; siendo, en el análisis individual por sitio, significativa ( $P \leq 0.05$ ) en 13 de los 19 sitios-año evaluados (Tabla 2).

En solo 3 sitios se detectaron diferencias significativas debidas a la forma de aplicación del P. En el Sitio 2, que fue el de menor rendimiento, la aplicación de P en líneas aumentó significativamente el rendimiento ( $P \leq 0.05$ ) respecto a la aplicación al voleo, aunque las diferencias fueron de escasa magnitud. En los sitios 7 y 17, con rendimiento medio y alto respectivamente, se observó lo inverso, las parcelas con P aplicado al voleo anticipado rindieron más ( $P \leq 0.05$ ) que aquellas que recibieron P en la línea, siendo las magnitudes de las diferencias para estos casos no muy importantes en el Sitio 7 aunque si lo fueron en el Sitio 17. Este comportamiento no se relacionó con el nivel inicial de P en suelo, ya que los tres sitios tuvieron bajos niveles de P, por debajo de los niveles críticos determinados por Barbagelata y Melchiori (2008) para esta región, así como tampoco con los días de anticipación en la fertilización al voleo, la que fue similar en estos tres casos. Una razón probable para que la aplicación al voleo anticipado muestre un mejor comportamiento respecto a la aplicación en la línea de siembra sería la potencial fototoxicidad causada por una dosis elevada de fertilizante ( $24 \text{ kg de P}$ ), aunque esta variable no se registró en estos ensayos.

En el análisis conjunto de los sitios evaluados no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre las dos formas de aplicación del P evaluadas. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por Bordoli et al. (2004), quienes trabajaron sobre una red de 21 ensayos de fertilización de trigo en SD sobre suelos agrícolas de la R.O. del Uruguay. Se han mencionado distintas razones para explicar estos resultados, por un lado la aplicación del fertilizante fosfatado en superficie minimiza el contacto con los coloides del suelo, al localizarlo en forma horizontal, disminuyendo así la fijación del P del fertilizante. Por otro lado, en SD se produce un incremento de la actividad radicular superficial debido al mayor contenido de humedad del suelo debajo de la capa de residuos vegetales de cosechas anteriores (Bordoli y Mallarino, 1998). Esto ayudaría a explicar porque el fertilizante fosfatado aplicado al voleo sobre la superficie del suelo en forma anticipada a la siembra es utilizado con eficiencia por el cultivo de trigo en siembra directa, permitiendo realizar una siembra eficiente de manera independiente de la fertilización fosfatada como señalan Bordoli et al. (2004).

Tabla 2. Rendimiento de trigo según tratamiento de fertilización para cada sitio y para el conjunto de los sitios. Resumen del ANOVA y coeficiente de variación.

Sitio	Rendimiento de Trigo (kg ha <sup>-1</sup> )					Pr > F		CV (%)
	Tratamientos					Testigo vs Fertilizados	24 Voleo vs 24 Incorp.	
	Testigo	Voleo			Incorp.			
		12	24	36	24			
1	3798	4161	4570	4488	4658	0.003	0.707	7.5
2	1671	1891	1949	1978	2175	0.006	0.050	9.0
3	2128	2536	2720	2955	2743	0.001	0.902	9.7
4	3637	4016	4101	3976	4151	<.0001	0.499	2.6
5	1836	2182	2392	3164	2550	0.000	0.359	9.7
6	2834	3298	3503	3564	3361	0.004	0.510	8.9
7	3032	3218	3361	3264	3144	0.005	0.019	3.5
8	2822	3004	3013	3097	3050	0.074	0.798	6.7
9	1996	2499	2794	2636	2962	0.001	0.462	12.1
10	3721	3935	4383	4488	4228	0.008	0.482	7.3
11	4819	5066	5055	5110	4985	0.068	0.644	4.2
12	3969	4028	4328	4010	4121	0.460	0.430	8.8
13	5328	5621	5538	5620	5511	0.060	0.858	3.8
14	4765	5252	5458	5435	5030	0.010	0.076	6.0
15	3366	3729	3640	4148	3716	0.116	0.822	12.5
16	3267	4470	4809	4863	4419	<.0001	0.065	6.2
17	4084	5019	5119	5315	4374	0.001	0.014	7.7
18	2519	2848	3093	3107	3133	0.083	0.912	16.9
19	3647	4037	3889	3953	4192	0.021	0.111	6.3
<b>Promedio</b>	<b>3328</b>	<b>3727</b>	<b>3880</b>	<b>3956</b>	<b>3816</b>	<b>&lt;.0001</b>	<b>0.210</b>	<b>8.4</b>

## CONCLUSIONES

Se determinaron incrementos significativos en la producción de granos de trigo debidos al agregado de P como fertilizante en la mayoría de los sitios evaluados. Sin embargo, el rendimiento de trigo en SD no se modificó significativamente debido a las formas de aplicación de P para la dosis evaluada, en el conjunto de los sitios. Esto significa que la aplicación de P al voleo en forma anticipada a la siembra es una práctica recomendable para nuestras condiciones de producción, con suelos pobres en P, al permitir aplicar dosis elevadas de P sin riesgo de pérdidas de plántulas y también realizar una siembra más eficiente y rápida al independizarla de la fertilización fosfatada.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado parcialmente por el Proyecto Nacional PNCER2342 de INTA y por el Proyecto Regional Agrícola (E.RÍOS 02) del Centro Regional Entre Ríos de INTA.

## BIBLIOGRAFIA

- Barbagelata, P.A.; G.L. Brondi; R.J.M. Melchiori y O.F. Papparotti. 2000. Estrategias para la fertilización fosfatada de soja en siembra directa en Vertisoles. 2001. Soja. Actualización Técnica. Serie Extensión N° 21, EEA Paraná, INTA. Pag 54-57.
- Barbagelata, P.A.; R.J.M. Melchiori y O.F. Papparotti. 2001. Fertilización fosfatada del cultivo de soja en suelos Vertisoles de la provincia de Entre Ríos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS N° 11: 11-12.
- Barbagelata, P.A. y R.J.M. Melchiori. 2008. Diagnóstico de la fertilización fosfatada para trigo en siembra directa en Entre Ríos. Actas del XXI Congreso de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. San Luis, Argentina.
- Berardo, A., F.D. Grattone, G. Borrajo. 1999. Fertilización fosfatada de trigo: respuesta y forma de aplicación. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS N° 2.
- Bianchini, A, A. Silvestre Begnis, J. Rabasa, M.E. Magnelli, S. Lorenzatti. D. Peruzzi, L. Pierella, H. Echeverría y F. García. 2006. Localización de fósforo en la rotación trigo/soja-maíz en siembra directa en la región pampeana. [CD rom] Actas del XX congreso de la AACCS. Salta, Argentina.
- Bordoli, J.M. y A.P. Mallarino. 1998. Deep and shallow banding phosphorous and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. Agron.J. 90:27-33.
- Bordoli, J.M., A. Quinke y A. Marchesi. 2004. Fertilización fosfatada de trigo en siembra directa. [CD rom] Actas del XIX Congreso de la AACCS. Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Dick, W.A. 1983. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentration and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. Soil Sci Soc Am J. 47(1) 102-107.
- Fink, R.J., D. Wesley. 1974. Corn yield as affected by fertilization and tillage system. Agron J. 66(1) 70-71.
- García, F.O.; L.I. Picone y A. Berardo. 2006. Fósforo. Pág. 99-121. En: H.E. Echeverría y F.O. García (eds.) Fertilidad de Suelos y Fertilización de cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Guertal, E., S. Eckert, J. Traina, J. Logan. 1991. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. Soil Sci. Soc. Am. Journal. 55:410-413.
- Mallarino, A. 1997. Manejo de fósforo, potasio y starters para maíz y soja en siembra directa. 5º Congreso nacional de AAPRESID. Mar del Plata. Agosto de 1997. Págs. 11-19.
- Mallarino, A. 1998. Métodos de fertilización con fósforo y potasio para maíz y soja en siembra directa: Recientes avances en el cinturón del maíz. 6º Congreso nacional de AAPRESID. Mar del Plata. Agosto de 1998. Págs. 27-41.
- Quintero, C.E., N.G. Boschetti y R.A. Benavidez. 1996. Estimación de la capacidad máxima de adsorción de fosfatos en suelos de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo 14 (2): 79-82.
- SAS INSTITUTE. 2000. SAS/STAT user's guide, Version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- Tasi, H. 2000. Aptitud de uso y estado de degradación de suelos vertisoles y vérticos de la provincia de Entre Ríos. Rev. Facultad de Agronomía (UBA) 20(1):1-6