

## EFFECTO RESIDUAL DE LA FERTILIZACION FOSFORICA EN TRIGO SOBRE UN HAPLUSTOL TIPICO

María M. Ron y Tomás Loewy

\* Depto. de Agronomía - Universidad Nacional del Sur - 8000 - Bahía Blanca

\* E. E. A. Bordenave (INTA) - 8187 Bordenave - Provincia Buenos Aires

### RESUMEN

El objeto del trabajo fue iniciar los estudios del efecto residual de la fertilización fosfórica en el S. O. de la Prov. de Bs. As. Se utilizó un ensayo a campo instalado en Cabildo (Pdo. de B. Bca.) sobre un Haplustol típico, con 7 ppm de P Bray, 2,3% de M. O. y pH 6,5. El diseño fue de 3 bloques completos, con 7 tratamientos de fertilización con P y 3 subtratamientos con aplicación de N. Las variedades de trigo empleadas en 1984 y 1985 fueron Klein Chamaco y Cochicó INTA, respectivamente. Se analizó para el testigo y dosis de 16 y 27 kg de P/ha, el P disponible en el suelo, en capa arable y en los siguientes momentos: 1) después de la cosecha del 1º trigo; 2) a la siembra del 2º trigo y 3) en marzo de 1986. Se determinó % de P en grano, calculándose remoción del P del suelo y recuperación del fertilizante (en grano). Con adecuadas condiciones de humedad en ambos años se observaron los siguientes resultados: cuando el N no fue limitante el rendimiento del trigo respondió al P residual en un mismo orden de magnitud que al P inicial. La respuesta del trigo al P inicial y residual no varió con la dosis del fertilizante. Los dos cultivos de trigo, en conjunto recuperaron el 27 y 18% de las dosis crecientes de P aplicado, pasando el resto a formas menos disponibles al cabo de dos años.

Palabras clave: P residual, fertilización fosfórica, P disponible, fertilización, trigo.

### RESIDUAL EFFECT OF FERTILIZER P IN WHEAT ON A TYPIC HAPLUSTOL

#### ABSTRACT

The objective of this paper was to begin studies on the residual effect of fertilizer P in the south west of the Province of Buenos Aires. A field test set on a typic haplustol (7 ppm P-Bray, 2.3% organic matter and pH 6.5) in Cabildo, Bahía Blanca was used. The design was 3 complete blocks with 7 treatments for fertilizer P and 3 sub-treatments for N application. The wheat varieties grown in 1984 and 1985 were Klein Chamaco and Cochicó INTA, respectively. Available P in the surface layer was determined for the check and the 16 and 27 kg P/ha treatments on the following dates: 1) after the first harvest, 2) before sowing the second crop (1985) and 3) in March 1986. Wheat samples were analysed for P. P uptake and percent recovery of P fertilizer (in grain) were calculated. Moisture supply was adequate in both years. The following results were obtained: When N was not limiting, wheat yields responded to residual P in the same order of magnitude as to initial P. Wheat yield response to initial and residual P did not vary with fertilizer rates. The two crops recovered 27% and 18% of the increasing rates of applied P, the rest was transformed into less available forms by March 1986.

Key words: residual P, P fertilization, available P, fertilization, wheat.

## INTRODUCCION

Sobre unas cuatro millones de hectáreas que se incluyen en el S. O. de la Provincia de Buenos Aires, un 50% de los suelos son deficientes en P (Loewy y Puricelli, 1982). La expresión de esta deficiencia aumenta con la intensificación agrícola, el empleo de plantas con mayor potencial productivo y el uso de fertilizantes nitrogenados.

Debido a que el P del suelo se fepone básicamente por fertilización, la eficiencia en la aplicación del insumo adquiere gran importancia desde el punto de vista económico.

La recuperación del P de los fertilizantes solubles en agua por el primer cultivo dista mucho de ser completa. La mayor parte del P permanece en la capa arable y su efectividad en los años siguientes está condicionada por varios factores (Barrow, 1973), destacándose la reacción entre el fosfato y el suelo: con el tiempo el P agregado se convierte a formas menos disponibles para las plantas. En algunos suelos, este proceso es lo suficientemente lento o reversible, probablemente debido a la persistencia de fosfatos metaestables, como para que el P permanezca asimilable durante períodos relativamente largos de tiempo (Fixen y Ludwik, 1982 b). Este fenómeno ocurre más frecuentemente en suelos no calcáreos, ligeramente ácidos y de bajo contenido de arcilla (Hooker *et al.*, 1980; Fixen y Ludwik, 1982 a; Janssen *et al.*, 1985).

Debido a que una buena parte de los suelos del área considerada reúnen las características citadas (M. A. A., C. F. I., 1966), se creyó conveniente realizar una primera aproximación al tema sobre una secuencia de dos años de trigo. Este plazo de tiempo se justifica porque en la región excepcionalmente el trigo se re-

pite más de dos años.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- 1) Estudiar la residualidad de la fertilización fosfórica en el cultivo de trigo.
- 2) Evaluar el P residual a través del rendimiento del cultivo siguiente (trigo 2º año) y de la determinación química del P disponible según Bray y Kurtz.
- 3) Determinar la recuperación del fertilizante por el cultivo.

## MATERIALES Y METODOS

La experiencia se llevó a cabo en un Haplustol típico, de textura franco-areno-limosa, bien drenado y con 80 cm de profundidad. Este suelo es representativo del área con régimen hídrico ústico, en el S. O. de la Provincia de Buenos Aires (Moscatelli *et al.*, 1980).

El trabajo se realizó durante el período enero 1984-marzo 1986. El estudio se inició sobre un ensayo de formas de aplicación y dosis de P conducido por la E. A. Bordenave INTA en un lote del Criadero de Semillas de ACA (Cabildo). Los años 84 y 85 fueron climáticamente húmedos, registrándose en el sitio utilizado 700 y 780 mm de lluvia, respectivamente.

Las determinaciones de laboratorio iniciales dieron los siguientes resultados:

PH = 6,5 (potenciometría en agua 1:2,5)

p disponible = 7 ppm (Bray y Kurtz)

Materia Orgánica = 2,30% (Walkley y Black)

P total = 445 ppm (fusión con carbonato de sodio;

Yufera y Dorrier, 1973)

El ensayo de fertilización fosfórica se sembró con la variedad Klein Chamaco a fines de julio de 1984 y se fertilizó como muestra la Tabla 1. Se utilizó un diseño de 3 bloques completos con subparcelas en fran-

TABLA 1: Tratamientos y subtratamientos de fertilización en los años 1984 y 1985.

Trat. (P) 1984	A	B	C	D	E	F	G
kg/ha	0	16	16	16	16	27	27
Aplicación	--	L	V	L	V	V	V
Fertilizante	--	SPT	SPT	PDA	PDA	SPT	PDA
Ref.. L = Línea V = voleo SPT = Superfosfato triple (0-46-0) PDA = Fosfato diamónico (18-46-0)							
Subtrat. (N)	1	2	3	Año			
kg/ha	0	15 (foliar)	46	1984			
kg/ha	60	0	0	1985			

jas. La unidad experimental fue de 36 m<sup>2</sup>. Se cosechó a fines de diciembre.

El sector del ensayo se barbechó en enero de 1985 y a principios de julio se sembró con la variedad Cochicó INTA, conservando la delimitación original de las parcelas. Sólo se fertilizó con N (urea), a razón de 60 kg/ha a la siembra y como subparcela en franja.

Para el estudio de la disponibilidad de P en el suelo, se efectuaron muestreos en las parcelas testigo y fertilizadas con STP al voleo (A, C y F). Se extrajeron 12 submuestras de cada una, con un muestreador de capa arable (0-12 cm), el 28-12-84, 5-7-85 y 26-3-86. Las muestras se secaron al aire, tamizaron por 0,5 mm y se determinó P disponible por el método de Bray y Kurtz.

En los mismos tratamientos se evaluó el aprovechamiento del P del fertilizante por el grano (para cada subparcela). Se molieron las muestras de semilla con un molinillo UDY (tamiz 1 mm) y previa digestión (Blanchard *et al.*, 1965) se determinó P por colorimetría.

Se calculó el P recuperado del fertilizante (en grano) por diferencia entre el P total absorbido en el cultivo fertilizado y sin fertilizar y se expresó como % del P aplicado (% de recuperación).

nutrimentos. En cuanto a las dosis y forma de aplicación las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas. Las dosis de PDA, sin embargo, tendió a responder en ausencia de N incorporado al suelo (Tabla 2). La indiferencia a la forma de aplicación podría atribuirse a las buenas condiciones de humedad edáfica. Esta favorece, en los primeros estadios del cultivo, el crecimiento radicular y la disolución del fertilizante (Power *et al.*, 1961) relativizando posibles diferencias en la posición del P aplicado.

La respuesta del trigo al P residual del suelo (Tabla 3) sólo fue significativa dentro del subtratamiento con N (60 kg/ha). El efecto residual del PDA (al voleo) fue ligeramente mayor a las respectivas dosis de SPT. Esto no podría atribuirse al aporte suplementario de N sino a la fuente fosforada.

Tanto en 1984 como en 1985 la respuesta del trigo a la aplicación de N fue muy buena. A pesar de la dosis superior, en el 2º año, el N mantuvo su nivel de conversión en grano. Es muy probable que la deficiencia de N en 1985 haya sido mayor debido a los requerimientos nitrogenados de la descomposición del rastrojo. En 1984, en cambio, el barbecho se realizó sobre una moha de escaso desarrollo y densidad. Esta diferencia, en el cultivo anterior, pudo haber favorecido la interacción N-P registrada en 1985.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Rendimientos

De los rendimientos de trigo en el año 1984 (Tabla 2) se apreciaron los siguientes resultados: hubo respuesta significativa a N y P, sin interacción entre los dos

### Disponibilidad de P

El equilibrio entre el P de la solución del suelo y las formas lábiles y no lábiles tiende a mantenerse estable bajo condiciones de agricultura extensiva (Larsen, 1967). Este hecho explica el nivel constante del P disponible en el testigo (Tabla 4), coincidente con

TABLA 2: Efecto inicial de la fertilización fosfórica sobre el rendimiento del cultivo de trigo (kg/ha) a tres niveles de N. Año 1984.

Tratamientos P	Subtratamientos - kg N/ha			Promedio Trat.
	0	15	46	
A	2.803	2.751	3.614	3.056 a
B	3.494	3.521	4.124	3.713 b
C	3.703	3.414	4.169	3.762 b
D	3.615	3.565	3.897	3.692 b
E	3.974	3.645	4.250	3.956 b
F	3.696	3.661	4.231	3.863 b
G	4.199	4.016	4.388	4.201 b
Promedio Subtrat.	3.641 a	3.510 a	4.096 b	C.V. = 6,9%

Los promedios con una letra en común no difieren significativamente a  $P = 0,05$  por el Test de Duncan.

el valor inicial del lote.

Con el agregado del fertilizante (SPT) se alteró este equilibrio (El Rashid y Larsen, 1978) y el suelo se vio inicialmente enriquecido en formas disponibles de P para los tratamientos C y F, aún después de la cosecha del 1º trigo (Fig. 1). Posteriormente, el fosfato aplicado sufrió transformaciones, con decrecimiento del P lábil, tendientes a una nueva situación de estabilidad. La evolución del P extractable en las parcelas fertilizadas respondió a estas transformaciones. La nivelación con el testigo, en la última fecha de muestreo (Tabla 4), sugiere que cultivos ulteriores no responderían a residuos de fertilizante (Novais y Kamprath, 1978; Hooker *et al.*, 1980).

#### Recuperación del fertilizante fosforado (STP)

Los contenidos de P en grano obtenidos en las dos cosechas (entre 0,26 y 0,36% ) fueron similares a los

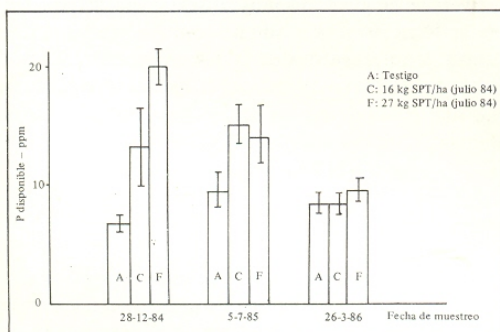


Fig. 1: Disponibilidad de P (Bray y Kurtz) a través del tiempo (Promedios de 3 repeticiones  $\pm$  error standard).

citados en otros trabajos (Woodroffe y Williams, 1953 Read *et al.*, 1977). Hubo efecto de dilución en las subparcelas con N, que fue más notorio en 1985 por la mayor diferencia de rendimiento lograda. En ese año, el residuo de la dosis mayor de STP dio una concentración de P en grano significativamente mayor (Tabla 5). La remoción no varió con los distintos subtratamientos de N (Tabla 6).

En la Fig. 2 se presenta una estimación de la evolución del STP aplicado: a fines de 1984, el P recuperado del fertilizante por el grano más el residuo disponible en el suelo (calculados por diferencia con el testigo) integraron el 100% de las dosis utilizadas. Cinco meses después (presiembrado del segundo trigo), el residuo disponible de la dosis mayor disminuyó hasta el nivel de la dosis menor, que no se habría modificado. En el último muestreo (26-3-86) el residuo disponible de STP ya no fue significativo.

TABLA 4: Variaciones estadísticas del fósforo disponible del suelo (ppm) a través del tiempo y entre tratamientos de fertilización.

Fecha de muestreo	kg P/ha aplicados en julio 1984		
	0	16	27
28-12-84	7 a	13 a	19 a
05-07-85	9 a	14 a	14 b
26-03-86	8 a	8 b	9 c

Los promedios con una letra en común dentro de una misma columna y los subrayados para cada fecha de muestreo no difieren significativamente a  $P = 0,05$  por el Test de Duncan.

TABLA 3. Efecto residual de la fertilización fosfórica sobre el rendimiento del cultivo de trigo (kg/ha) con y sin N. Año 1985.

Tratamientos P - 1984	Subtratamientos - kg N/ha			Promedio Trat.
	0	0	60	
A	2.921 ab	2.790 a	3.183 a	2.965 a
B	3.438 a	2.835 a	3.815 b	3.363 a
C	2.954 ab	2.975 a	3.563 ab	3.164 a
D	2.803 b	2.883 a	3.742 b	3.143 a
E	3.320 ab	3.105 a	3.797 b	3.407 a
F	2.994 ab	2.912 a	3.780 b	3.229 a
G	3.015 ab	3.091 a	4.105 b	3.404 a
Promedio Subtract.	3.064 a	2.942 a	3.712 b	C.V. = 5,9%

Los promedios con una letra en común dentro de una misma columna y los promedios de los subtratamientos no difieren significativamente a  $P = 0,05$  por el Test de Duncan.

ya no fue significativo.

Las dosis crecientes de P aplicado fueron recuperadas en un 18 y 11% , en el primer año (calculado de Tabla 6). Estos valores se consideran buenos en la bibliografía (Ridley y Tayakepisuthe, 1974). La suma de recuperación, en los dos años, alcanzó un 27 y 18% , respectivamente.

**TABLA 5 : Concentración de P (%) en el grano de trigo en los tratamientos con fertilización fosfórica inicial y residual y subtratamientos con fertilización nitrogenada.**

kg P/ha	Año		kg P/ha	Año	
	1984			1985	
0	0,34 a		0	0,29 a	
16	0,35 a		0	0,32 ab	
27	0,35 a		0	0,34 b	

kg N/ha	Año		kg N/ha	Año	
	1984			1985	
0	0,35 a		0	0,32 a	
15	0,36 a		0	0,34 a	
46	0,33 b		60	0,29 b	

Los promedios con una letra en común, dentro de una misma columna, no difieren significativamente a P = 0,05 por el Test de Duncan.

**TABLA 6: Remoción de P (kg/ha) por el grano de trigo en los tratamientos con fertilización fosfórica inicial y residual y subtratamientos con fertilización nitrogenada.**

kg P/ha	Año		kg P/ha	Año	
	1984			1985	
0	10,3 a		0	8,8 a	
16	13,1 b		0	10,3 b	
27	13,3 b		0	10,8 b	

kg N/ha	Año		kg N/ha	Año	
	1984			1985	
0	11,9 a		0	9,5 a	
15	11,8 a		0	9,9 a	
46	13,1 a		60	10,4 a	

Los promedios con una letra en común, dentro de una misma columna, no difieren significativamente a P = 0,05 por el Test de Duncan.

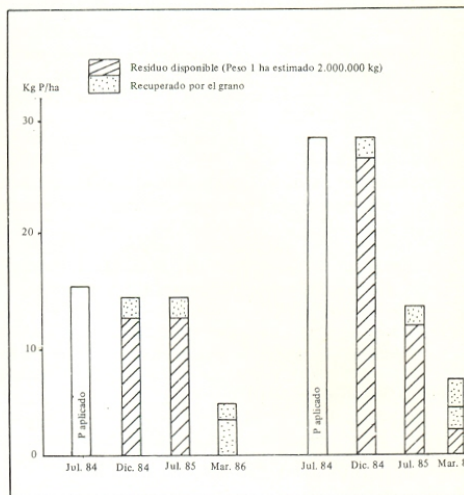


Fig. 2: Evolución del SPT aplicado.

**CONCLUSIONES**

- La recuperación de P del SPT, por el primer cultivo de trigo, fue de 18 y 11% para las dosis de 16 y 27 kg de P/ha., quedando el residuo del fertilizante casi totalmente disponible al momento de la cosecha.
- Cuando el N no fue limitante, el rendimiento del trigo respondió al P residual en un mismo orden de magnitud que al P inicial.
- La respuesta del trigo al P inicial y residual no varió con la dosis del fertilizante.
- Los dos cultivos de trigo, en conjunto, recuperaron el 27 y 18% de las dosis crecientes de P aplicado, pasando el resto a formas menos disponibles.
- Al cabo de 20 meses, la disponibilidad de P en el suelo -de las parcelas fertilizadas- se halló nivelada al testigo sin fertilizar.

**AGRADECIMIENTOS**

A los Ings. Agrs. R. Miranda y A. Junquera (Asoc. Coop. Argentinas, Bahía Blanca), al Ing. Agr. H. Campi (INTA Bordenave) y al Laboratorio de Suelos de la E. E. A. Balcarce INTA.

## REFERENCIAS

- Barrow, N. J. (1973) The relationship between soils ability to adsorb phosphate and the residual effectiveness of the superphosphate. *Aust. J. Soil Res.* 11:57-63.
- Blanchar, E. W., G. Rehm and A. C. Caldwell (1965). Sulfur in plant materials by digestion with nitric and perchloric acid. *Proc. Soil. Sci. Soc. Am.* 29:71-72.
- El Rashid, M. A. y S. Larsen (1978) The effect of phosphate addition on the solubility of phosphate in soil. *Plant & Soil* 50: 585-596.
- Fixen, P. E. y A. E. Ludwik (1982) Residual available P in near-neutral and alkaline soils. a) Solubility and capacity relationships. b) Persistence and quantitative estimation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:332-338.
- Hooker, M. L., G. A. Peterson, D. H. Sander y L. A. Daigger (1980). Phosphate fractions in calcareous soils as altered by time and amounts of added phosphate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:269-277.
- Janssen, K. A., D. A. Whitney y D. E. Kissel (1985) Phosphorus application frequency and sources for grain sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:754-758.
- Larsen, S. (1967) Soil Phosphorus. *Adv. Agr.* 19:151-209.
- Loewy, T. y C. A. Puricelli (1982). Disponibilidad de fósforo en suelos del área de la E. E. A. Bordenave. Informe técnico n° 28. INTA Bordenave (Prov. de Bs. As.) 16 p.
- M. A. A. - C. F. I. (1966) Estudio de desarrollo agropecuario de la zona sud de la Prov. de Bs. As. Atlas de condiciones de los suelos. 33 p.
- Moscatelli, G.; J. C. Salazar Lea Plaza; R. Godagnone; H. Grinberg; J. Sánchez; R. Ferrao y M. Cuenca (1980) Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000 - Actas IX R. A. C. S. Paraná. III: 1079-1089.
- Novais, R. y E. J. Kamprath (1978) P supplying capacities of previously heavily fertilized soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:931-935.
- Primo Yufera, E. y J. M. Carrasco Dorrier (1973) *Química Agrícola I. Suelos y Fertilizantes*. Editorial Alhambra. 333-334.
- Power, J. F.; G. A. Reichman y D. L. Grunes (1961) The influence of phosphorus fertilization and moisture on growth and nutrient absorption by spring wheat: II Soil and fertilizer P uptake in plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 25: 210-213.
- Read, D. W. L.; E. D. Spratt; L. D. Bailey y F. G. Warder (1977) Residual effects of fertilizer. I For wheat grown on four Chernozemic soil types in Saskatchewan and Manitoba. *Can. J. Soil Sci.* 57:255-272.
- Ridley, A. O. y S. Tayakepisuthe (1974) Residual effects of fertilizer P as measured by crop yields, P uptake and soil analysis. *Can. J. Soil Sci.* 54:265-272.
- Woodroffe, K. and C. H. Williams (1953) The residual effect of superphosphate in soils cultivated for wheat in South Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 4:127-150.