

RESIDUALIDAD DEL FERTILIZANTE FOSFATADO EN PASTURAS CONSOCIADAS DE ENTRE RÍOS (ARGENTINA)

N G BOSCHETTI, C E QUINTERO, R A BENAVIDEZ

Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER Paraná. Entre Ríos CC 24 (3100) Argentina

RESIDUALITY OF THE PHOSPHATE FERTILIZER IN PASTURES OF ENTRE RÍOS (ARGENTINA)

Availability of soluble phosphate incorporated to the soil by fertilizer is affected by immobilization, precipitation and adsorption. The importance of these processes depends on soil characteristics and management. The objective of this paper was to determine the effect of different variables on the residual fertilizer in soil after a year from its application. The work was carried out on pastures with triple superphosphate (SPT) on Pelluderts and Vertic Argiudolls in Entre Ríos Province, Argentina. A soil characterization was performed at sowing and after a year using soil analysis (Bray-Kurtz 1) to determine residual fertilizer. The SPT rate is the most important variable in extractable phosphorus (PE) evolution. The average fertilizer equivalent was 15 kg SPT ha⁻¹. A dose of 70 kg SPT ha⁻¹ was necessary to keep the initial level of PE. One empiric model was built up which explained the 71% of the variation in residual fertilizer with the following variables: doses, dry matter and buffer capacity of phosphorus.

Key words: Phosphorus-Residual fertilizer-Pelluderts-Pastures-Buffer capacity

INTRODUCCION

La mayoría de los suelos de Entre Ríos poseen características vérticas (PNUD/FAO/INTA 1980) y tienen aptitud agrícola ganadera (Tasi 1988), con una marcada deficiencia de fósforo disponible (Barreca, Tasi 1984). Los valores medios de fósforo se encuentran debajo del nivel crítico establecido para pasturas, por lo que se ha evidenciado respuesta a la fertilización (Quintero *et al.* 1995).

El poder residual de un fertilizante fosfatado está condicionado por la reacción del fósforo soluble con el suelo, la cual es función de las características de los mismos, especialmente textura y reacción del suelo, además de los factores climáticos y de manejo (Barbaro *et al.* 1980). Para Barrow (1980) la disminución de la efectividad residual del fósforo adicionado depende de la cantidad removida por los cultivos, las pérdidas por lavado o erosión, la inmovilización en la materia orgánica, la homogenización y la difusión de fosfatos agregados junto a las reacciones lentas con el suelo. Un mejor conocimiento de los factores que controlan el nivel de disponibilidad del fósforo aplicado en el suelo contribuye a un manejo más eficiente de este insumo.

El efecto residual puede ser evaluado por la producción de los cultivos siguientes a la fertilización o a

través de un análisis químico apropiado (Black 1993). La mayor parte de los trabajos en el tema analizan el efecto residual de la fertilización sobre el rendimiento de los cultivos y la tasa de decaimiento en la disponibilidad del elemento agregado en los años siguientes (Baethgen, Perez 1981, Vivas *et al.* 1993). Holford (1982) plantea, que en suelos de baja capacidad buffer, en el corto plazo, la disminución de la efectividad residual del fertilizante podría deberse al incremento de las formas estables por precipitación y a la inmovilización orgánica; mientras que aquellos de alta capacidad de sorción, estarían más sujetos a la adsorción y oclusión. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la residualidad del fertilizante fosfatado en el suelo, por el método de Bray-Kurtz 1, al año de su aplicación; y determinar si ésta tiene relación con las características físico-químicas del suelo y el nivel de producción.

MATERIALES Y METODOS

En el período comprendido entre los años 1987/1993 se instalaron 12 ensayos de fertilización en pasturas consociadas, en campos de productores sobre Pelluderts árgicos y Argiudoles vérticos de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. Se aplicaron distintas dosis de superfosfato triple de calcio SPT (20% de fósforo) a la siembra, distribuidas al voleo e incorporadas superficialmente. El diseño fue en bloques completos aleatorizados con

tres repeticiones, en una unidad experimental de 15 m². Los tratamientos fueron: 0-8-16-32-48 y 64 kg de P ha⁻¹. Mayores detalles sobre las características de los ensayos pueden encontrarse en Quintero *et al.* (1995).

Se realizó un muestreo de suelo en el momento de la siembra, a una profundidad de 0 - 10 cm, para caracterizar los sitios experimentales por sus propiedades físico-químicas; repitiéndose otro similar al año donde se evaluó la residualidad del fertilizante a través del método Bray-Kurtz 1. Para reducir el efecto de las variaciones estacionales a las que está sujeta la disponibilidad del fósforo (Echeverría *et al.* 1979, Vázquez 1986) todos los muestreos se hicieron en otoño. Las variables analizadas se muestran en la Tabla 1. Se consideraron como variables dependientes al fósforo extraíble al año de la fertilización (PE1) y a la diferencia entre el PE al año y el inicial ($\Delta PE = PE1 - PE$). Se realizó un análisis de correlación con todas las variables y luego se ajustaron ecuaciones de regresión simple y múltiple. Para la selección de las variables de mayor peso se utilizaron los criterios estadísticos de Stepwise y r^2 ajustado, tomando un valor de F parcial de 4 como límite (Draper, Smith 1981).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan los promedios generales y los máximos y mínimos obtenidos en el muestreo inicial. Los valores observados muestran una buena representatividad del área, siendo la textura del horizonte superficial franco arcillo-limoso para todos los sitios experimentales. La capacidad reguladora de fosfatos (CRF) presentó valores similares a los obtenidos por López Camelo (1984), tratándose de suelos de baja capacidad tampon (Boschetti *et al.* 1995).

En la Tabla 2 se muestran los valores obtenidos de PE al año en función de la dosis de fósforo aplicada. En 11 de los 12 ensayos el PE1 de los testigos fué menor al inicial, con caídas de hasta 5,3 mg kg⁻¹. Aunque los suelos analizados tuvieron una diversidad limitada (Tabla 1), mostraron un comportamiento muy diferente en la residualidad; que expresada como porcentaje de lo aplicado fué, en promedio, de 30%.

Tabla 1. Caracterización edáfica inicial

Variable:	PE (mg kg ⁻¹)	CO (dg kg ⁻¹)	NT (dg kg ⁻¹)	pH	CRF (ml dg ⁻¹)
Media	8,8	2,01	0,179	6,8	5,31
Máximo	14,5	2,49	0,268	8,2	8,84
Mínimo	3,6	1,48	0,109	5,5	1,52
CV(%)	37,9	16,9	20,0	10,1	33,8

PE: fósforo extraíble (Bray Kurtz 1); CO: carbono orgánico (Walkley Black); NT: nitrógeno total (Kjeldhal); pH: reacción del suelo (potenciometría); CRF: capacidad reguladora de fosfatos (Ozanne, Shaw, 1968). CV Coeficiente de variación.

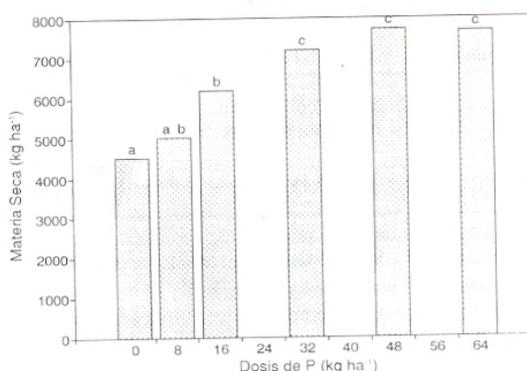


Figura 1. Producción de materia seca para las distintas dosis de P. Letras iguales no presentan diferencias significativas (Tukey, P>0,05)

Tabla 2. PE al año (mg kg⁻¹) para cada dosis de SPT.

Suelo	PE inicial	Dosis(kg ha ⁻¹)					
		0	8	16	32	48	64
PA	11,1	9,0	-	12,1	21,3	35,0	-
AV	13,8	9,0	-	16,7	27,0	27,2	34,6
PA	13,0	12,0	-	15,1	20,2	28,1	32,7
AV	6,2	8,5	-	10,9	16,8	27,6	47,9
PA	8,4	6,9	-	10,0	16,7	21,4	41,0
PA	4,9	4,6	-	5,5	7,3	11,9	14,1
PA	7,0	3,6	4,1	4,6	8,8	-	15,8
PA	8,3	5,0	4,9	5,0	6,5	-	10,3
PA	9,3	6,4	7,5	6,7	9,1	-	18,2
AV	6,9	5,1	5,4	7,6	12,3	-	20,6
AV	12,5	7,2	9,6	7,6	10,5	-	14,2
AV	4,4	2,1	2,0	5,1	6,0	-	15,5

PA: Peluderte árgico. AV: Argiudol vértico. PE: fósforo extraíble. A partir del sexto ensayo el tratamiento de 48 se reemplazó por el de 8 kg de P ha⁻¹.

La fertilización produjo aumentos significativos en la producción de forraje. La Figura 1 representa los valores promedios de materia seca producida en el año considerado, para todos los ensayos. Los niveles de producción estuvieron entre 3.130 y 10.700 kg ha⁻¹.

Se observó una alta correlación entre las variables independientes: CO, NT, y PE (P>0,01). La producción de materia seca se relacionó significativamente con PE, CO, NT, y la dosis de fósforo aplicado (P>0,001). Las variables dependientes PE1 y ΔPE , estuvieron altamente correlacionadas con la dosis de SPT, la cual explicó alrededor del 50% de la variación de las mismas. De las

Tabla 3. Coeficientes de correlación simple

Variable	PE	CO	NT	pH	MS	DP	CRF
PE1	0,42	0,42	0,63	0,04	0,50	0,68	-0,35
Δ PE	0,10	0,28	0,42	0,08	0,41	0,73	-0,32
n = 125	P>0,05 = 0,18			P>0,01 = 0,23			

PE: fósforo extraíble a la siembra (mg kg^{-1}); CO: carbono orgánico (dg kg^{-1}); NT: nitrógeno total (dag kg^{-1}); pH: reacción del suelo; MS: materia seca (kg ha^{-1}); DP: dosis P (kg ha^{-1}); CRF: capacidad reguladora de fosfatos (ml dg^{-1}); PE1: fósforo extraíble al año (mg kg^{-1}); Δ PE=PE1-PE (mg kg^{-1}).

variables edáficas evaluadas, el NT, el CO y la CRF fueron las que más se asociaron con la residualidad del fósforo, no siendo significativo el pH (Tabla 3).

En numerosos trabajos se ha encontrado una relación lineal entre el fósforo aplicado y el fósforo extraíble después de un período, con distintas pendientes en función de la textura, el pH del suelo y el tiempo de reacción del fertilizante con el suelo (Novais, Kamprath 1979, Freire *et al.* 1979, Arocena *et al.* 1981). En Uruguay Castro *et al.* (1981) proponen utilizar el coeficiente de regresión para estimar la cantidad de fertilizante a adicionar para elevar el nivel de PE, al año, en 1 mg kg^{-1} (equivalente fertilizante). Clasifican los suelos según su textura y pH en tres grupos y calculan la dosis de fertilizante a aplicar en función de una meta de PE al año, siendo los valores de equivalente fertilizante encontrados en suelos similares de 22, 25 y 36 kg de SPT ha^{-1} para cada uno (Arocena *et al.* 1981, Baethgen, Perez 1981).

En la ecuación (1) se observa un intersección negativo (-4,85) lo que implica que se requiere una dosis de base para mantener el nivel inicial de PE que es en promedio, de unos 70 kg de SPT ha^{-1} ; por sobre éste valor la cantidad de SPT necesaria para elevar el PE en 1 mg kg^{-1} es de 15 kg ha^{-1} , aunque se registraron valores extremos de 8 y 56 kg ha^{-1} . Como puede apreciarse existe una gran

Tabla 4. Modelos ajustados

Δ PE = -4,85 + 0,342 DP	$r^2 = 0,54$	(1)
PE1 = 3,73 + 0,350 DP	$r^2 = 0,47$	(2)
PE1 = -0,115 + 1,22 PE + 0,715 DP - 0,062 CRF x DP - 0,0012 MS	$r^2 = 0,71$	(3)

Δ PE: PE1-PE, PE: fósforo extractable (mg kg^{-1}); PE1: fósforo extraíble al año (mg kg^{-1}); DP: dosis de fósforo (kg ha^{-1}); CRF: capacidad reguladora de fosfato. Todos los coeficientes son significativos ($P > 0,001$).

disparidad entre los valores encontrados de equivalente fertilizante, lo que pone en evidencia que una sola variable (dosis) no es suficiente para explicar el comportamiento del PE en las distintas condiciones de suelo. Se ajustaron ecuaciones lineares para cada ensayo (Figura 2) y se pudo comprobar que la pendiente estuvo relacionada con la CRF ($P > 0,05$) y el intersección con la cantidad de materia seca producida y la CRF ($P > 0,10$). Esto significa que la disminución del PE observada en los testigos, al año, es atribuible en parte a la inmovilización

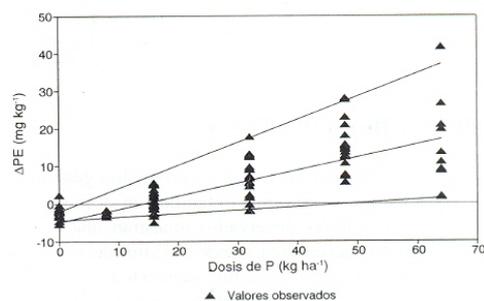


Figura 2. Diferencia entre el fósforo extraíble (PE) al año y el inicial en función de la dosis aplicada. Las líneas representan las regresiones para los casos con pendiente máxima, mínima y el promedio general.

en la materia seca producida y a la fijación del fósforo mineralizado durante el barbecho; y la pendiente es función de la capacidad amortiguadora del suelo.

Se analizó el efecto residual para cada dosis y se pudo constatar que, para los suelos de menor capacidad amortiguadora, hubo un efecto significativo de la producción de materia seca. Es decir que a mayor rendimiento se observó menor residualidad del fertilizante. Por otro lado, en los suelos de mayor poder regulador, no se observó este efecto. Si bien la CRF se relacionó negativamente con la residualidad en todos los suelos, su efecto fue mayor en los de alta CRF. Esto afirmaría lo propuesto por Holford (1982), quien postuló que en los suelos de débil capacidad de sorción, el fósforo adicional estaría más sujeto a la precipitación y a la inmovilización orgánica, debido a las altas concentraciones de fosfatos en la solución del suelo. Se construyó un modelo empírico que mejoró sensiblemente la estimación del fósforo al año, explicando el 71% de su variación, siendo la dosis de SPT la variable de mayor peso (3). Según lo presentado, para los suelos considerados, la cantidad de fósforo disponible en el corto plazo depen-

dería del fósforo nativo más la dosis de fósforo adicional, afectada por la capacidad amortiguadora y el rendimiento de materia seca.

AGRADECIMIENTOS

A los productores y técnicos que participaron en la red de ensayos. C Vesco por la clasificación de los suelos. Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto de Investigación Diagnóstico de fertilidad fosfórica y evaluación de la recuperación física, química y biológica del suelo en rotación. UNER-CONICET-CAPPTA, 1986-1995.

REFERENCIAS

- Arocena M, Allegri M, Castro E, Formoso F. 1981. Fertilización inicial y anual de pasturas en la zona noreste del Uruguay. Estación experimental La Estanzuela. Miscelánea N° 37. Uruguay
- Baethgen W, Perez J. 1981. Efecto residual de la fertilización fosfatada en una rotación agrícola ganadera. I Etapa de pasturas. Estación experimental La Estanzuela. Miscelánea N° 37. Uruguay
- Barbaro NO, López S, Rojas de Tramontini S. 1980. Fósforo isotópicamente intercambiable y fósforo adsorbido en suelos de la Provincia de Entre Ríos. Actas IX Congreso Argentino Ciencia del Suelo: 267-271
- Barreca M, Tasi H. 1984. Contenido de fósforo en los suelos comprendidos al oeste del Río Gualeguay en la Provincia de Entre Ríos. Publicación técnica N° 9. EEA. Paraná. INTA
- Barrow NJ. 1980. Evaluation and utilization of residual phosphorus in soils. Ed. Khasawneh FE, Sample EC, Kamprath EJ. The role of phosphorus in agriculture, Pág; 333-359
- Black CA. 1993. Soil fertility evaluation and control. Ed Lewis. Florida USA. p. AG. 519-550
- Boschetti GN, Quintero CE, Benavidez RA. 1995. Caracterización del factor capacidad buffer de fosfatos en suelos de Entre Ríos, Argentina. Resúmenes. XXV Congreso Brasileiro de Ciencia del Suelo. 1:329-330
- Castro J, Zamuz E, Oudri N. 1981. Guía para fertilización de pasturas. Estación experimental La Estanzuela. Miscelánea N° 37. Uruguay
- Draper N, Smith H. 1981. Applied Regression Analysis. John Wiley and Sons, Inc. New York. Cap. 6 p. AG. 294-352
- Echeverría H, Iglesias M, Navarro C. 1979. Evidencias de la mineralización del fósforo orgánico. En: Informe de actividades Dpto. de Agronomía. Año 1978/79. P. 43-45. Balcarce, INTA
- Freire FM, Novais RF, Braga JM, Franca GE, Santos HL, Santos PR. 1979. Adubacao fosfatada para a cultura da soja (*Glycine max*) baseada no fósforo disponível e no fator "capacidade". Rev. Bras. Ci. Solo 3:105-111
- Holford ICR. 1982. Effects of phosphate sorptivity on long-term plant recovery and effectiveness of fertilizer phosphate in soils. Plant and Soil 64:225-236
- López Camelo LG, Heredia OS, Nervi A, Sese ZM. 1984. Adsorción de fósforo en algunos suelos argentinos. I Condiciones experimentales e isoterma de adsorción. Rev. Facultad de Agronomía 5: 165-174
- Novais RF, Kamprath EJ. 1979. Fósforo recuperado em tres extractores químicos como funcao do fósforo aplicado no solo e do "fator capacidade". R. Bras. Ci. Solo 3:41-46
- Ozanne PG, Shaw TC. 1968. Advantages of the recently developed phosphate sorption test over the older extractant methods for soil phosphates. IX International Congress of Soil Science Transactions. Vol II: p 273-80
- PNUD/ FAO/ INTA, 1980. Suelos y erosión de la provincia de Entre Ríos. Tomo I. Serie relevamiento de recursos naturales N°1. EEA. Paraná. INTA
- Quintero CE, Boschetti NG, Benavidez RA. 1995. Fertilización fosfatada en pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo 13: 60-65
- Tasi H. 1988. Carta interpretativa de suelos. Aptitud y uso actual de las tierras en la Provincia de Entre Ríos. Serie relevamiento de recursos naturales N° 5. EEA. Paraná. INTA.
- Vázquez ME. 1986. Evolución estacional del P extractable del suelo en agrosistemas de la provincia de Buenos Aires. Ciencia del Suelo 4: 7-10
- Vivas HS, Parra R, Wuthrich A, Speranza V. 1993. Variación del fósforo residual del suelo en una secuencia de cultivos del noreste de Santa Fe. Actas XIV Congreso Argentino Ciencia del Suelo: 161-162