

USO DE UN INDICE DE SORCION COMO COMPLEMENTO DEL FOSFORO EXTRAIBLE PARA LA FERTILIZACION DEL TRIGO

M M RON¹, S G DE BUSSETTI¹, T LOEWY²

¹Dpto. de Agronomía - UNS - 8000 Bahía Blanca, Argentina

²INTA Bordenave - 8183 Bordenave, Argentina

USE OF A SORPTION INDEX AS A COMPLEMENT OF EXTRACTABLE PHOSPHOROS FOR FERTILIZATION IN WHEAT

In the South West of Buenos Aires Province (Argentina) 50 % of the soils are P deficient. The objective of this paper was 1) to study the relationship between a P sorption index at low concentration (IS) and extractable P (PE) by two different methods: Bray and Kurtz (BK), and Miller and Axley (MA) and 2) to determine whether the IS can be used for fertilizer recommendations in the area. Soil samples from 24 wheat fertilization experiments were used. The IS determination involved extracting the soil in the usual way to measure PE and equilibrating another aliquot with 30 mg P kg⁻¹ before extraction. A discontinuous model was used to study the relation between PE and IS. Simple and multiple regressions were developed between yield response (ΔY) to 16 kg P ha⁻¹ in wheat and the independent variables: pH, organic matter, IS, soil texture, soil suborder and PE (BK and MA). The IS values ranged from 18 to 98 % and only correlated significantly with fine texture ($P = 7\%$). Soils were classified in two IS categories: low (18 to 45 %) and high (47 to 84 %). Soils with high IS had on average lower PE values. Only 30 % of variations in ΔY was accounted for by PE when all the cases were included in the regression. For soils with high IS, BK explained 75 % of the variation in ΔY . ΔY was not significantly associated with PE for soils with low IS. IS can be used together with BK for fertility diagnosis and fertilizer recommendations.

Key words: Extractable P - Sorption index - Fertilization - Wheat.

INTRODUCCION

Los suelos del SO Bonaerense muestran deficiencias de fósforo en unas 2 millones de hectáreas (Loewy, Puricelli 1982). El método extractivo más utilizado para el diagnóstico de la fertilidad en nuestro país es el de Bray y Kurtz (1945). Su calibración con un modelo continuo para los suelos del área, requirió de la adición de una variable dummy de textura, para mejorar la predicción de la respuesta (Ron, Loewy 1990). Bowman y Olsen (1985) concluyeron que los valores de P extraíble (PE) determinados por un análisis, deberían ser interpretados de forma diferente para suelos con distinta capacidad reguladora de P. Este efecto sería más marcado para los análisis con bicarbonato que para los de Bray (Mendoza 1989).

En varios estudios se han utilizado medidas de la capacidad reguladora o de la sorción del P, para predecir la necesidad de fertilizantes (Peaslee, Fox 1978, Bolaño de Daniel 1984). Estos métodos, empero, no son generalmente aceptables para análisis de rutina y se han propuesto índices de sorción de punto único, para mejorar la estimación del requerimiento de P (As-

hworth 1984). Existen trabajos en el país sobre IS determinados con distintas concentraciones (López Camelo 1989), pero no se encontró relación con la respuesta en ensayos a campo (Ron *et al* 1991). El objetivo de este trabajo fue 1) realizar estudios sobre la relación entre un índice de sorción (IS) a baja concentración y el PE con Bray y Kurtz (BK) y Miller y Axley (MA) y 2) determinar el valor potencialmente predictivo de este índice para la fertilización.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con muestras provenientes de 24 ensayos de fertilización en trigo, conducidos por la EEA Bordenave (INTA). Las mismas se extrajeron con muestreador de capa arable (0-12 cm) a la siembra. Los experimentos incluyen un tratamiento con superfosfato triple (16 kg de P ha⁻¹) aplicado a la línea de siembra, en combinación con diferentes dosis y épocas de aplicación de nitrógeno. Las variedades utilizadas fueron: Chasicó INTA (50%), Cochicó INTA (12.5%), Klein Chamaco (12.5%) y Buck Fogón (8.3%). Cooperación Liqueñ, Cooperación Nanihue, Diamante INTA y prointa Pigüé estuvieron representadas en un ensayo cada una. Las características de las variables de sitio y respuesta a P (ΔY) figuran en la Tabla 1.

Mayor información sobre el área y los experimentos puede encontrarse en un estudio anterior (Ron, Loewy 1990).

Para la determinación del IS se utilizaron, en cada caso, dos alícuotas de 5 g de suelo seco, tamizado por 0,5 mm. Se agregaron 5 ml de agua a la primera y a la otra 5 ml de una solución con 30 mg de P l⁻¹ (0,112 g de NH₄PO₄H₂ l⁻¹). Después de 2 horas de reposo se realizó una extracción con 25 ml de solución de fluoruro acidificada (NH₄F 0,03 N, H₂SO₄ 0,03N), agitando durante 10 minutos (procedimiento modificado de Miller y Axley) (Ashworth 1984). Luego de filtrado se determinó el P colorimétricamente por el método de Murphy y Riley (1962). La diferencia entre el PE por ambas extracciones constituye el P recuperado (mg kg⁻¹). El IS se definió como:

$$IS = (30 - P \text{ recuperado}) \times 100/30 \quad (1)$$

(Ron *et al* 1991).

Para estudiar la relación entre el PE y el IS se utilizó un procedimiento iterativo descrito por Nelson y Anderson (1977), para calibración de análisis químicos de suelo. Se determinó la correlación lineal simple entre las variables de sitio disponibles. Se realizaron regresiones simples y múltiples entre la respuesta a P (ΔY) en trigo y las variables independientes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Índice de sorción

Los valores de IS determinados oscilaron entre 18 y 98 %. La concentración de 30 mg P kg⁻¹ utilizada permitió obtener un rango amplio de IS y, por lo tanto, sería adecuada para los suelos de la zona. El valor más alto correspondió a un suelo muy limoso (BK = 24 mg kg⁻¹) y se descartó para la clasificación de IS y regresiones.

La asociación entre las variables independientes se muestra en la Tabla 2. Se encontró una correlación altamente significativa entre los dos métodos de determinación de PE, dado que se usó en ambos casos soluciones acidificadas de NH₄F. Los udoles presentaron una lógica relación con contenidos mayores de MO y textura fina. La mejor correlación del IS fue con la textura fina (P = 7%). Este índice dependería principalmente de la textura, en relación con la cantidad de

P retenido en los sitios adsorbentes de la fracción fina.

Se clasificaron los suelos en 2 categorías de IS: de 18 a 45 % (bajo) y de 47 a 84 % (alto) (Tabla 3). La proporción de fosfato extraído con soluciones de fluoruro acidificada disminuyó al aumentar la sorción. En el rango de 8,5 a 12 mg kg⁻¹ de BK se encuentran suelos de las dos clases (aproximadamente un 40 % de los casos). Este intervalo contiene el valor señalado como límite para el diagnóstico de fertilidad de suelos en la zona (Ron, Loewy 1990).

La tendencia global de la respuesta estuvo de acuerdo con los valores promedio de PE para cada categoría (Tabla 3). Sin embargo, la misma se revirtió cuando se consideró el intervalo 8,5 a 12 mg kg⁻¹ BK. En éste, las respuestas oscilaron en 350 y 140 kg ha⁻¹ para los suelos con IS bajo y alto, respectivamente.

Modelos de la respuesta

Para el conjunto de los datos se obtuvieron regresiones lineales altamente significativas, entre ΔY y PE. El coeficiente de determinación, empero, fue muy bajo (30 % para BK y 27 % para MA). Esto se debió en parte a que, según el análisis de residuales, la recta no constituyó un buen ajuste para esa relación. Al considerar las clases de IS por separado, sin embargo, se obtuvieron regresiones con un r² mucho mayor para el IS entre 47 y 84 %. La ecuación de respuesta en función de BK fue

$$\Delta Y = 1096 - 85,8 BK \quad r^2 = 74,8 \% \quad (2)$$

En este caso, la recta resultó un ajuste satisfactorio. La respuesta no estuvo significativamente asociada con el IS en el conjunto de los casos, pero sí para la categoría de mayor poder de sorción. El IS no sólo puede contribuir a mejorar el ajuste de la dosis, según lo sugerido por Ashworth (1984), sino también a interpretar el significado de los análisis de PE (Holford 1983). La adición del IS como variable a la ecuación (2) resultó significativa al 5% y la ecuación fue:

$$\Delta Y = 1364 - 78,1 BK - 5,56 IS \quad r^2 = 84,6 \% \quad (3)$$

Tabla 1 Características de las variables

Variable	Unidades	Rango	Promedio / Des. estándar
Materia Orgánica	%	1,85 - 5,17	3,08 / 0,89
pH en agua (1:2,5)	-	5,83 - 7,25	6,39 / 0,33
P Bray y Kurtz	mg kg ⁻¹	5,0 - 24,0	11,1 / 4,45
P Miller y Axley	kg ha ⁻¹	6,6 - 21,0	12,1 / 4,6
Respuesta (Y)	mg kg ⁻¹	- 70 - 645	298 / 235
Textura	Fina/Media o Gruesa		
Suborden suelos	Udoles/ Ustoles	Variables dummy	0 = no corresponde 1 = corresponde

Tabla 2 Correlación entre las variables independientes

	MA	BK	Ud	pH	MO	Fina
IS	-0,06	0,15	-0,02	0,17	0,28	0,37
MA	1	0,85	0,12	-0,32	0,17	-0,26
BK		1	0,07	-0,22	0,01	-0,20
Ud			1	-0,42	0,71	0,54
pH				1	-0,40	0,42
MO					1	0,63
Fina						1
r (P=0,05) = 0,53						
r (P=0,01) = 0,62						
MA = PE por Miller y Axley, BK = PE por Bray y Forte, Ud = Udoles, MO = Materia orgánica, finas texturas, IS = Índice de sorción						

Tabla 3 Clasificación del Índice de Sorción (IS)

Clase	Variable	Rango	Promedio / Des. estándar
IS bajo (n = 11)	BK	8,5 - 18,0	12,6 / 3,7
	MA	9,1 - 21,1	14,9 / 3,7
	IS	18,0 - 45,0	34,8 / 9,4
	ΔY	0 - 600	277 / 218
IS alto (n = 12)	BK	5,0 - 12,0	8,7 / 2,4
	MA	6,6 - 16,4	9,0 / 2,6
	IS	47,3 - 84,0	60,6 / 13,7
	ΔY	0 - 645	348 / 238

Para MA, ecuaciones equivalentes a (2) y (3) dieron una menor explicación de ΔY (49,2 y 52,5 %, respectivamente). Los resultados sugieren que en suelos con IS alto, el extractante de Bray y Kurtz se comporta mejor como evaluador del P disponible.

Para la clase con IS de sorción menor a 46 % (BK 8,5 a 18 mg P kg⁻¹) no hubo regresiones lineales significativas entre ΔY y el PE. De acuerdo a lo informado en un trabajo anterior esta relación puede considerarse lineal sólo hasta 14 mg kg⁻¹ BK (Ron, Loewy 1991). La variable dependiente estuvo asociada principalmente al pH (positivamente) y a la MO (negativamente), con un r² de aproximadamente 40 % en ambos casos. Para estos suelos la capacidad de desorción de los extractantes no refleja el fosfato lábil, correspondiendo una mayor parte del PE a la disolución de fosfatos potencialmente más activos. De acuerdo a los resultados obtenidos, éstos no estuvieron directamente asociados con la respuesta a P en trigo. En este caso la disponibilidad de P podría depender, en mayor medida, de la mineralización de la MO, sin descartar la influencia de otros factores asociados a esta variable. La relación positiva entre ΔY y el pH podría ser indirecta, ya que se trata de un rango (6 - 6,75) en el cual no se limita la disponibilidad de P (Tisdale *et al* 1993).

Una regresión múltiple con las mismas variables que en la ecuación (3) más una que discriminó 3 sitios de un año seco (menos representado en el otro grupo) dio una explicación de la respuesta comparativamente buena, para el grupo con IS bajo:

$$\Delta Y = 783 - 4,6 BK - 19,58 IS + 321 ENH \quad r^2 = 52,8\% \quad (4)$$

donde ENH representa años con estación de crecimiento normal o húmeda. Esta ecuación no resulta concluyente debido al bajo número de casos con relación al de variables.

De la comparación entre las ecuaciones 3 y 4 se aprecia que la diferencia entre los coeficientes es particularmente marcada para BK. Esto sugiere que la

determinación debe ser interpretada a la luz de información adicional, como la proporcionada por el IS. En contraste con lo informado por Kuo (1990) en un estudio más complejo de la sorción del P y con otros extractantes, este parámetro - como medida única - no aventajó al PE en cuanto su relación con ΔY .

Los modelos obtenidos deberán ser validados con un mayor número de casos y dosis de P. El IS es una alternativa al uso de una variable discreta de textura como complemento al P extraíble.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue subsidiado por el Dpto. de Agro-nomía de la Universidad Nacional del Sur.

REFERENCIAS

- Ashworth J. 1984. The 2-stage test for soil phosphorus: Does it work in Alberta? Alberta Soil Science Workshop, Proceedings: 209-219
- Bolaño de Daniel A. 1984. Determinación de la capacidad reguladora y concentración ajustada de fósforo en suelos de la Región Pampeana. *Ciencia del Suelo* 2:99-106
- Bowman R A, Olsen S R. 1985. Assessment of phosphate buffering capacity: 2. Greenhouse method. *Soil Sci.* 140:387-392
- Bray R H, Kurtz L T. (1945) Determination of total, organic and available forms of phosphate in soils. *Soil Sci.* 59:39-45
- Holford I C R. 1983. Differences in the efficacy of various soil phosphate tests for white clover between very acid and more alkaline soils. *Aust. J. Soil Res.* 21:173-82
- Kuo S. 1990. Phosphate sorption implications on phosphate soil tests and uptake by corn. *Soil Sci. Am. J.* 54:131-135
- Loewy T, Puricelli C A. 1982. Disponibilidad de fósforo en suelos del área de la EEA Bordenave. Informe Técnico N° 28. 16 p
- López Camelo L G. 1989. Índices de sorción de fósforo y su relación con algunas propiedades de los suelos. *Ciencia del Suelo* 7:43-50
- Mendoza R E. 1989. Different performances of soil phosphate tests for reflecting the effects of buffering capacity on uptake of native phosphate with time. *Plant and Soil* 113: 13-19
- Murphy J, Riley J P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27:31-36
- Nelson L A, Anderson R L. 1977. Partitioning of soil test-crop response probability. 'Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results' ASA Special publication No. 29 pp 19-38
- Peaslee D E, Fox R L. 1978. Phosphorus fertilizer requirements as estimated by phosphate sorption. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 9: 975-994
- Ron M M, Loewy T. 1990. Fertilización fosfórica del trigo en el SO bonaerense. I Modelos de la respuesta. *Ciencia del Suelo* 8: 187-194
- Ron M M, Bussetti S G, Loewy T. 1991. Efecto de un índice de sorción sobre la relación entre la respuesta a la fertilización fosfórica en trigo y el fósforo extractable. XIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo
- Tisdale S L, Nelson W L, Beaton J D, Havlin J L. 1993. Soil fertility and fertilizers. Cap. 6. MacMillan. New York