

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA DETERMINAR LAS DISPONIBILIDADES DE FOSFORO EN SUELOS AGRICOLAS

P ZALBA, O BRAVO, NM AMIOTTI, N PEINEMANN

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Altos del Palihue, (8000) Bahía Blanca, Argentina. Email: npeinema@criba.edu.ar

Recibido 26 de marzo de 2002, aceptado 3 de junio de 2002

ALTERNATIVE METHODS FOR DETERMINING AVAILABLE PHOSPHORUS IN AGRICULTURAL SOILS

Two chemical methods were analyzed as alternative for estimating available phosphorus in agricultural soils, considering the Bray and Kurtz I test as the reference. The ammonium lactate method is not useful for estimating available phosphorus from soils with pH levels higher than 7. However, the NaHCO_3 method is recommended for a wide range of pH values from 5.5 to 8.5. Significant correlations were obtained by comparing the three methods studied. The Bray and Kurtz test exhibit the lowest dispersion of values and also the lowest soil phosphorus availability index. In general terms both two alternative methodologies estimate 4–5 mg kg^{-1} more available phosphorus than Bray and Kurtz I, even in the case of low levels of phosphorus sufficiency. The methodologies recommended here are expected to be useful for testing values and also giving accuracy to soil analysis interpretation.

Key words: available P, NaHCO_3 reagent, ammonium lactate reagent.

INTRODUCCION

En Argentina comúnmente se utiliza el método de Bray-Kurtz Nº 1 (1945) para determinar fósforo disponible en suelos neutros y ácidos y el de Olsen *et al.* (1954) en suelos calcáreos o en condiciones de pH alcalino. Ambas metodologías presentan, sin embargo, el inconveniente de que los valores de escala no son comparables entre sí; así 10 mg de P kg^{-1} según Olsen corresponde a un nivel de disponibilidad más alto según Bray-Kurtz. Este hecho impide estimar la verdadera disponibilidad de este nutriente en el suelo, ya que, según la metodología empleada, el valor será variable. El método de Bray-Kurtz presenta como principal ventaja que es expeditivo, ya que arroja resultados que se encuentran en buena concordancia con la respuesta de los cultivos a la fertilización con fosfatos. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias se han detectado subestimaciones (Holford 1980; Ron, Loewy 1990), probablemente relacionadas con el escaso tiempo de agitación que impiden alcanzar condiciones de equilibrio entre el suelo y el extractante. Se sabe también que el método de Bray-Kurtz es sensible a la capacidad de retención de fosfatos del suelo o

índice de sorción (Lopez Camelo 1989; Mendoza 1989; Ron *et al.* 1995) y que no es apropiado cuando los suelos presentan una elevada CIC o un alto contenido de CaCO_3 , ya que se produce la neutralización del pH.

El método de Olsen utiliza como extractante una disolución de NaHCO_3 0.5 M moderadamente alcalina (pH = 8,5) ideada para controlar la actividad de los iones calcio, a través del producto de solubilidad del CaCO_3 durante la extracción de fósforo en suelos calcáreos. Este reactivo extrae también algo de fosfato proveniente de la superficie de los fosfatos de hierro y aluminio, más abundantes en suelos neutros y ácidos, siendo por ello también un buen extractante para un amplio rango de valores de pH del suelo. Sin embargo, las cantidades de fósforo extraídas por Olsen son muy inferiores a las obtenidas por Bray-Kurtz tornando dificultosa la comparación de resultados.

El propósito de este trabajo fue la modificación de metodologías alternativas a Bray-Kurtz, determinando el tiempo suficiente de agitación para alcanzar la situación de equilibrio, cuando se utilizan como extractantes bicarbonato de sodio y lactato de amonio. De este modo, los valores de fósforo

disponible obtenidos por los tres métodos podrán ser directamente comparados entre sí.

MATERIALES Y METODOS

Se tomaron muestras compuestas del horizonte superficial de distintos suelos correspondientes a cuatro grupos taxonómicos representativos de la provincia de Buenos Aires: Argiudoles, Hapludoles, Haplustoles y en menor proporción Entisoles. Las regiones comprendidas en el muestreo abarcan zonas de regímenes húmedos (Necochea y Miramar), subhúmedo (Dufaur y Bahía Blanca) y semiárido (Buratovich y Pedro Luro). Las muestras fueron tomadas con un barreno de sección cónica de 2,5 cm de diámetro de corte y 12 cm de profundidad. Se eligieron para el muestreo áreas homogéneas de superficies comprendidas entre 5 y 20 ha; los suelos estudiados fueron de uso agrícola y de uso mixto agrícola-ganadero. En total se estudiaron 68 muestras compuestas que fueron secadas al aire y tamizadas por una malla de 2 mm. Las determinaciones de fósforo disponible se realizaron de acuerdo a las siguientes metodologías:

a) Bray - Kurtz Nº 1 – extracción con HCl 0,025 M y NH_4F 0,03 M ($\text{pH} < 2,9$), relación suelo-extractante 1:7, tiempo de agitación = 1 minuto; este método en particular fue tomado como referencia (Bray and Kurtz, 1945).

b) Egner (1941) – extracción con lactato de amonio 0,5 M ($\text{pH} = 4$), relación suelo-extractante 1:20, tiempo de agitación modificado = 1h 30 minutos (en lugar de 6 h).

c) Colwell (1963) – extracción con NaHCO_3 0,5 M ($\text{pH} = 8,5$), relación suelo-extractante 1:50, tiempo de agitación modificado = 1h 30 minutos (en lugar de 16 h). Una vez agitado se debe filtrar el extracto con carbón activado. Una alícuota de 15 mL se neutraliza con 1 mL de H_2SO_4 3 M previamente al desarrollo de la coloración.

Se determinó el pH en una suspensión suelo-agua 1:2,5 para caracterizar las respectivas muestras según la actividad de los iones hidrógeno.

Las variables estudiadas se analizaron por ANOVA simple; las medias obtenidas se compararon por el test de diferencia mínima significativa. Se realizaron correlaciones lineales simples, comprobando su ajuste por el estudio de desviaciones y residuales. Las rectas de regresión se sometieron a análisis de covarianza, a fin de evaluar diferencias en las pendientes y ordenadas al origen (Steell, Torrie 1981).

RESULTADOS Y DISCUSION

Tanto Bray- Kurtz como el método del bicarbonato no presentaron relación con el pH ($P > 0.36$ y $P > 0.52$, respectivamente). En

cambio, el método del lactato presentó una correlación positiva con el pH ($r = 0.70$, $P < 0.001$) la cual indica una mayor disolución de fosfatos poco solubles. El inconveniente de este método radica en que el lactato de amonio disuelve parte de los fosfatos de calcio de muy baja solubilidad que se hallan presentes en el suelo a partir de pH 7,3, cuando se observa que la masa del suelo reacciona con el HCl. Si no consideramos los valores de fósforo correspondientes al rango de $\text{pH} > 7$, la correlación entre el lactato y el pH no es significativa ($r = 0.20$, $P > 0.25$), indicando que no hay incidencia del pH en el rango

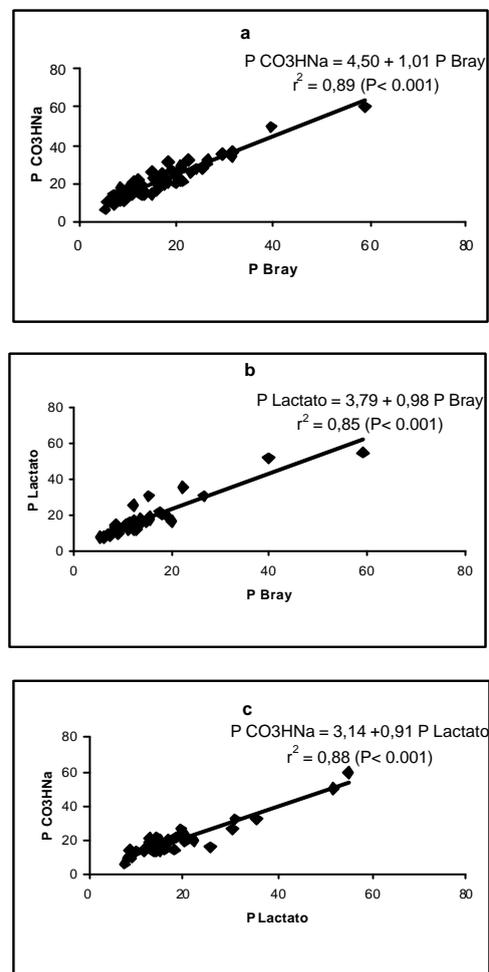


Figura 1. Correlaciones lineales entre distintos métodos de extracción de fósforo en el rango de pH de 5.5 a 7.

Figure 1. Linear correlations between three different phosphorus extraction methods in the 5.5 to 7 pH range.

Tabla 1. Valores medios de fósforo disponible (\pm desvío estándar) para cada uno de los métodos estudiados.
Table 1. Available P mean values for each one of the studied methods.

Método	Nivel bajo de P	Nivel medio de P	Alto nivel de P
Bray - Kurtz 1	8.05 \pm 1.3 a*	14.51 \pm 3.0 a*	27.82 \pm 9.8 a*
Lactato de amonio	10.52 \pm 1.7 b	17.53 \pm 4.4 b	41.86 \pm 10.7 c
NaHCO ₃	11.84 \pm 2.8 c	19.38 \pm 4.2 c	32.22 \pm 10.2 b

(*) medias seguidas por distinta letra difieren por DMS con $P < 0.05$.

comprendido entre 5,5 y 7.

Tanto el bicarbonato como el lactato presentaron correlaciones altamente significativas con Bray-Kurtz ($P < 0.001$) ($r=0.95$ y $r= 0,92$ respectivamente) y entre sí ($r= 0.93$, $P < 0.001$) para el citado rango de valores de pH (Figura 1). Tomando como referencia el método de Bray-Kurtz, tanto el bicarbonato como el lactato estimaron levemente una mayor disponibilidad de P.

Al comparar por análisis de covarianza las pendientes de las figuras 1 a y 1 b, las mismas no difieren entre sí ($P > 0.22$); en cambio, las ordenadas al origen son distintas a cero ($P < 0.05$). Esto indica que lactato y bicarbonato responden de la misma manera que Bray-Kurtz al incremento relativo de fósforo disponible en la población analizada, con un aumento medio de 4 mg kg⁻¹ respecto al método de referencia.

Al dividir el total de la población en 3 categorías (Tabla 1), surge que los valores medios de disponibilidad de fósforo en cada una de las mismas difieren significativamente ($P < 0.05$). El método de Bray-Kurtz siempre evaluó el menor nivel de disponibilidad, presentando la menor dispersión en los niveles bajos y medios de fósforo. El lactato y el bicarbonato estimaron una mayor disponibilidad del nutriente con respecto a Bray-Kurtz: de 20 - 50 % y de 16 - 47 %, correspondiendo a rangos de variabilidad absolutos de 4 a 5 mg kg⁻¹ para los niveles bajo y medio, y de 4 a 14 mg kg⁻¹ para los niveles altos.

Si consideramos la población de muestras con pH superior a 7 ($n= 34$), surge que el valor medio de Bray-Kurtz es de 16,9 mg kg⁻¹, el cual difiere significativamente ($P < 0.05$) de la media del bicarbonato (20,9 mg kg⁻¹), que estima una mayor disponibilidad

de fósforo (24 % más) con respecto al método de referencia.

En síntesis, el método del lactato de amonio no es recomendable en el caso de suelos con pH superiores a 7, mientras que el método del bicarbonato de sodio constituye la alternativa más válida cuando se desea prescindir de la determinación del pH.

Las tres metodologías comparadas presentaron una alta correlación y evaluaron distintos niveles de disponibilidad de fósforo, siendo Bray-Kurtz I la que presentó valores más bajos y con menor grado de dispersión. En algunas situaciones en las que los valores obtenidos por este último método fueron bajos (< 10 mg kg⁻¹), las otras metodologías estimaron entre 4 y 5 mg kg⁻¹ más de fósforo disponible.

REFERENCIAS

- Bray RH, Kurtz LT. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphate in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Colwell JD. 1963. The estimation of phosphorus fertilizer requirements of wheat in southern New South Wales by soil analysis. *Aust. J. E. Agric. Anim. Husb.* 3: 190-197.
- Egner H. 1941. The Egner lactate method for phosphate determination, *Am. Fert.* 94: 5-7.
- Holford JCR, 1980. Greenhouse evaluation of four phosphorus soil tests in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. *Soil Sci. Soc. A. J.* 44:55-59.
- López Camelo LG. 1989. Índices de sorción de fósforo y su relación con algunas propiedades de los suelos. *Ciencia del Suelo* 7: 43-50.
- Mendoza RE. 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.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA

- Circ. 939. USDA, Washington, DC.
- Ron MM, Bussetti SG, Loewy T. 1995. Uso de un índice de sorción como complemento del fósforo extraíble para la fertilización del trigo. *Ciencia del Suelo* 13: 35-37.
- Ron MM, Loewy T. 1990. Fertilización fosfórica del trigo en el sudoeste bonaerense. I. Modelos de la respuesta. *Ciencia del Suelo*, 8(2): 187-194.
- Steel RG, Torrie JH. 1981. *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw-Hill (2nd Ed.). 622 p.