

EMPLEO DE SOLUCIONES BICARBONATADAS SODICAS EN EL DIAGNOSTICO DE NIVEL DE FOSFORO DISPONIBLE EN LOS SUELOS MENDOCINOS DE RIEGO ¹

L. NIJENSOHN, M. O. AVELLANEDA, O. PIZARRO y F. S. OLMOS
ABSTRATCT

"The diagnostic of available phosphorus levels in irrigated soils of Mendoza by sodium bicarbonate extractions."

A procedure was adopted which is basically the one proposed by Olsen et al. with the following modifications: no activated charcoal is used and the determination of phosphorus is made with the OSMOND - ZINZADZE method. The phosphorus extracted, when it is expressed as pp2m P_2O_5 , soil basis corresponds to about the same values as the relative yields (NK/NPK. 100) obtained with the lettuce pot - culture test.

INTRODUCCION

La casi totalidad de los suelos de Mendoza poseen carbonato de calcio libre y una reacción que oscila, normalmente, entre pH 7,2 y 8,4. En este tipo de suelos, la metodología del diagnóstico de laboratorio del nivel de fósforo disponible no puede estar basada en el empleo de ácidos fuertes o soluciones tamponadas a pH bajo, los que en general dan pobres correlaciones con los rendimientos relativos con y sin fertilización fosfatada (1).

Mejores resultados en ese tipo de suelos se han obtenido mediante el empleo de soluciones alcalinas tales como CO_3K al 1% (2) y, más recientemente, con soluciones de CO_3HNa de acuerdo a la técnica propuesta por Olsen, Watanabe y Dean en 1954 (3). La solución 0,5 molar de CO_3HNa tiene un pH lo suficientemente alto -8,5- como para frenar la actividad de los iones calcio y facilitar así la solubilidad de los fosfatos de calcio considerados como disponibles, al mismo tiempo que los iones CO_3H , CO_3 y OH pueden

1 Instituto de Suelos y Riego —Facultad de Ciencias Agrarias— UNC, Chacras de Coria, Mendoza, Argentina.

desplazar parcialmente fosfatos sorbidos en las superficies coloidales. A diferencia de otros extractantes las soluciones de CO_3HNa estarían libres de reacciones secundarias durante el contacto con el suelo.

El objeto de este trabajo es el de estudiar la técnica más adecuada para el empleo de soluciones bicarbonatadas sódicas en el diagnóstico del nivel de fósforo disponible en suelos locales.

MATERIAL Y METODOS

Suelos: Los procedimientos ensayados fueron aplicados a 13 muestras sub-superficiales (5-30 cm) correspondientes a tierra bajo cultivo de diversas localidades de la provincia de Mendoza.

El nivel de fertilidad de esas muestras fue determinado por un método biológico, empleando lechuga como planta indicadora, y sus características respectivas se dan en otro lugar (4).

Todas ellas están constituidas por material aluvial de reacción neutra a ligeramente alcalina y, salvo la N° 484, poseen calcáreo en una proporción que oscila entre 0,4 y 11,5%.

Extracción del Fósforo: Se realizó utilizando las siguientes técnicas:

(I) CO_3HNa 0,5 M - 1:20 - 30':

a) Se prepara una solución 0,5 molar de CO_3HNa , se controla la reacción de la solución y se la ajusta a pH 8,5.

b) Se pesan 2,5 g de tierra seca al aire, pasada por tamiz de 1 mm, y se coloca en un frasco de 100 ml en presencia de 50 ml de la solución extractora. Se agita durante media hora en agitador rotativo a razón de 28 rpm. Se filtra a través de papel de poro fino, repitiendo la operación las veces que fueran necesarias para obtener un extracto perfectamente limpio.

c) En una alícuota del filtrado se determina fósforo. Esta técnica es esencialmente la misma que aconsejaron OLSEN et al. la única diferencia consiste en la supresión del carbón activado, que los mencionados autores emplean como decolorante y que nosotros optamos por no usar por las razones que se exponen en la discusión.

(II) CO_3HNa , 0,5 M - 1:20 - 24 horas: La misma técnica (I) pero llevando la agitación hasta 24 horas.

(III) CO_3HNa M - 1:20 - 30 minutos: La misma técnica (I) pero empleando una solución de CO_3HNa molar.

(IV) CO_3HNa 0,5 M - 1:2,5 - 30 minutos: La extracción se hizo en tubo de centrifuga de aproximadamente 50 ml de capacidad, en

los que se colocaron 10 g de muestra y 25 ml de solución extractora. Terminado el período de agitación, se centrifugó 10 minutos a 2000 rpm y se separó una alícuota del líquido límpido sobrenadante para la determinación del fósforo.

Todas las extracciones fueron realizadas a temperaturas de laboratorio entre 20 y 25°C.

Determinación del fósforo extraído: A diferencia de OLSEN et al, que emplean el método de DICKMAN y BRAY, (5) nosotros preferimos el de OSMOND - ZINZADZE, (6) adaptado al efecto, por las siguientes razones: eliminación de la interferencia del arsénico y mayor período de estabilidad del color.

Reactivos necesarios: A) SO_4H_2 N; B) SO_3HNa 8% en agua; C) Reactivo Sulfomolibdico: en Erlenmeyer de 500 ml agregar 101 ml de SO_4H_2 25 N (71,5 ml SO_4H_2 d : 1,84 llevados a 100) y 5,414 g de MoO_4H_2 (o 4,01 g de MoO_3); calentar suavemente hasta disolución. Dejar enfriar y vertir en matraz de 1000 ml conteniendo 850 ml de agua. Enrasar. Un ml del reactivo debe gastar entre 24,9 y 25,1 ml de NaOH 0,1 N, a la fenoltaleína. D) Solución de goma arábiga al 1%, con 1 ml de toluol como conservador. E) Disolver 80₂ mg de Cl Sn en 100 ml de D; esta solución debe prepararse fresca cada serie de determinaciones.

Procedimiento: a) tomar una alícuota de 5 a 20 ml de extracto de suelo; b) agregar un volumen de: $(\text{alícuota}/2+5)$ ml de SO_4H_2 N, preferiblemente en dos parcialidades, para evitar pérdidas por la efervescencia a producirse; c) agregar 5 ml de B; d) llevar a estufa a 100°C durante una hora; e) dejar enfriar; f) agregar 5 ml de C; g) agregar 5 ml de E; h) completar a 50 ml y homogeneizar; i) después de 20' leer en fotocolorímetro con longitud de onda en el rango de alrededor de 660 milimicrones. Si se notan flóculos de materias húmicas se centrifuga previamente antes de llevar a los tubos del fotocolorímetro. Simultáneamente se hacen las siguientes determinaciones paralelas: 1) patrones con concentraciones definidas de fósforo, entre 0 y 1 ppm P_2O_5 , que contengan el mismo volumen de CO_3HNa 0,5 M que las alícuotas. Generalmente hasta 1 ppm de P_2O_5 , la relación concentración: logaritmo del porcentaje de absorción corresponde a una recta; en este caso basta incluir los dos extremos en cada serie de determinaciones. 2) a cada extracto se le hace un duplicado testigo con el agregado de todos los reactivos excepto la solución de cloruro estañoso, la que se reemplaza por igual volumen de la goma arábiga.

Cálculos: A la lectura de cada extracto se le resta la de su testigo y se obtiene la concentración de P_2O_5 de acuerdo a la curva construida con los patrones.

Expresión de resultados: El fósforo extraído por los diversos procedimientos se expresa como P_2O_5 en kg por hectárea de 2.000.000 de kg o sea en pp2m.

RESULTADOS

En la Tabla N° 1 se consignan los valores obtenidos mediante la aplicación de los procedimientos (I) y (IV).

Los resultados encontrados con el (II) y el (III) no se consideran pues no difieren sistemáticamente de los determinados con (I), a pesar del aumento en el tiempo de agitación y de la concentración del extractante, respectivamente.

DISCUSION

Consideraremos primeramente las modificaciones introducidas al método tal cual ha sido propuesto por OLSEN et al:

1º) *Eliminación del carbón activado:* La introducción del carbón activado durante la extracción tiene por objeto adsorber las sustancias coloreadas disueltas en el medio alcalino, para que no interfieran durante la colorimetría.

Sin embargo una fuente de error podría estar constituida por el fósforo liberado por el carbón activado durante la extracción alcalina. A pesar de haber pretratado el carbón tal como lo aconsejan OLSEN et al., no hemos conseguido eliminar cuantitativamente el fósforo capaz de ser liberado por esa sustancia; tanto es así que una nueva extracción del carbón, después de haber sido lavado y secado prolongadamente, reveló que continuaba cediendo fósforo al medio. Además, el carbón es una sustancia fisicoquímicamente activa, capaz incluso de absorber específicamente ión ortofosfato (7) y no es improbable que ejerza alguna influencia, la que debería ser evaluada, en la proporción de fósforo extraída durante la agitación con CO_3HNa . En las muestras por nosotros estudiadas, todas ellas pobres en materia orgánica como es el caso general de los suelos desérticos de riego, no es muy intensa la coloración producida por las sustancias húmicas disueltas durante la extracción bicarbonatada.

Parte de estas sustancias precipitan durante la determinación del fósforo, floculadas por la acidez del medio, y pueden ser separadas por centrifugación. La corrección del color remanente se logra satisfactoriamente restando de la lectura fotométrica total la correspondiente al testigo paralelo sin cloruro estañoso.

TABLA N° 1

FOSFORO EXTRAIDO POR SOLUCIONES DE CO_3HNa DE SUELOS CALIBRADOS BIOLÓGICAMENTE

Muestra N°	Rendimiento Relativo con Lechuga NK/NPK %	Fósforo Extraído, P_2O_5 pp2m °°	
		Procedimiento (I)	Procedimiento (IV)
484	39,6 (58,6) °	30,5 ⁺ - 2,90	37,1 ⁺ - 2,43
352	30,0 (39,0) °	47,1 ⁺ - 2,60	39,0 ⁺ - 5,30
482	20,6 (18,3) °	22,4 ⁺ - 5,80	28,5 ⁺ - 5,10
350	17,1 (29,7) °	28,4 ⁺ - 5,00	27,2 ⁺ - 3,20
354	12,6 (18,7) °	16,7 ⁺ - 1,80	21,5 ⁺ - 2,60
355	9,2 (30,6) °	20,5 ⁺ - 5,10	13,3 ⁺ - 1,70
527	4,0 (10,9) °	9,4 ⁺ - 0,90	12,3 ⁺ - 4,90
483	3,3 (4,6) °	13,7 ⁺ - 1,80	15,1 ⁺ - 1,90
353	0,4 (4,6) °	7,5 ⁺ - 3,70	8,5 ⁺ - 1,30
351	0,2	8,4 ⁺ - 2,30	5,2 ⁺ - 3,40
485	0,0	5,0 ⁺ - 2,20	9,5 ⁺ - 1,00
494	0,0	6,9 ⁺ - 1,80	9,6 ⁺ - 1,20

° Máximo rendimiento de fertilización sin P/id. con P. 100.

°° Media ⁺ - desviación típica.

2º) *Relación más estrecha solución: suelo* (procedimiento IV): Esta variante se concibió con los siguientes objetivos: a) posibilitar la separación del extracto por centrifugación en el mismo recipiente donde se hace la agitación; b) aumentar el peso de la alícuota de tierra a analizar sin tener por eso que emplear recipientes de mayor volumen; c) aumentar la concentración de fósforo en los extractos, facilitando así su determinación.

En cuanto a los resultados obtenidos que figuran en la Tabla Nº 1, pueden efectuarse las siguientes consideraciones:

1º) *Procedimiento (I)*: Hay una evidente correlación entre la cantidad de fósforo extraído y el rendimiento relativo obtenido con el método biológico de la lechuga.

Algunas excepciones aparentes, como en los casos de las muestras Nros. 350 y 355, donde el fósforo determinado por (I) es muy superior a lo que correspondería de acuerdo al porcentaje relativo de rendimientos entre los tratamientos NK y NPK, pueden explicarse si se toma en consideración la relación de rendimientos obtenida con los tratamientos sin y con fósforo que dieron las mayores producciones. Los rendimientos relativos calculados en esta última forma son, en esos dos casos, mucho mayores debido a que el K tuvo una influencia netamente depresiva en el tratamiento binario.

Según JENNY et al, un rendimiento relativo del 20% es lo suficientemente bajo como para dar una alta probabilidad de respuesta a la fertilización con fósforo, en condiciones de campo, y en cultivos anuales. Este límite correspondería a un contenido de fósforo de 20 pp2m de P_2O_5 , determinado según (I). OLSEN et al, establecen el nivel de respuesta casi segura (90%) en 25 pp2m y extienden hasta 50 pp2m el de respuesta probable (50%). Sin embargo, de la interpretación del gráfico que ilustra el trabajo de dichos autores (3, Fig. 4, p. 12) surgiría que los límites del 90% y del 50% de probabilidad en la respuesta debería estar en 12,5 y 37,5 pp2m, respectivamente.

BINGHAM (8) compiló informaciones sobre criterios de interpretación con el método del CO_3HNa suministrados por investigadores de nueve estados de EE.UU. de Norteamérica. Un resumen de los mismos se transcribe en la Tabla Nº 2.

Dentro del primer grupo creemos que también podrían incluirse frutales y vid.

De acuerdo con estos datos la totalidad de las muestras analizadas están por debajo del nivel mínimo requerido por los cultivos de alto requerimiento de fósforo y, salvo una, también por debajo de los moderadamente exigentes.

2º) *Procedimiento (IV)*: Los resultados obtenidos son del mismo orden que los encontrados con el procedimiento (I), aunque ligeramente superiores cuantitativamente.

Tabla Nº 2. Niveles de fósforo soluble en relación a cultivos agrupados de acuerdo a hábitos alimenticios (adap. de Bingham, 1961).

Grupos de cultivos	Fósforo soluble en CO_3HNa (técnica Olsen et al)		
	Deficiente	Dudoso	Suficiente
	P_2O_5 , pp2m		
1) <i>Bajo requerimiento de P.</i> Pastos cereales finos, soja, maíz y similares.	18 y -	19 - 32	33 y +
2) <i>Moderado requerimiento de P.</i> Alfalfa, algodón, maíz dulce, tomate y similares.	32 y -	33 - 60	61 y +
3) <i>Alto requerimiento de P.</i> Papas, remolacha azucarera, cebolla, lechuga, apio y similares.	49 y -	50 - 90	91 y +

A pesar de las ventajas de orden práctico en la técnica de la ejecución, dudamos de que las ligeras diferencias encontradas justifiquen un empleo preconizándolo como instrumento de diagnóstico en sustitución del (I). Este último tiene la ventaja de ser utilizado internacionalmente y, por lo tanto, puede permitir confrontar y aprovechar resultados experimentales de ensayos realizados en situaciones similares en otros países.

CONCLUSIONES

1º) La determinación del fósforo soluble en CO_3HNa 0,5 M, relación suelo: agua :: 1 : 20, agitación 30' tiene una satisfactoria correspondencia con el método diagnóstico biológico empleando lechuga como planta indicadora.

2º) Para los suelos regionales estudiados, puede establecerse la siguiente escala *tentativa* de correspondencia de valores:

Cat.	Respuesta a la fertilización con P	Rendimiento de lechuga
		P_2O_5 pp2m NK/NPK. 100

A	Negativa en general. Posible sólo en cultivos muy exigentes y/o en suelos poco profundos o muy arcillosos.	+ 30	+ 30 %
---	--	------	--------

B	Probable sólo en cultivos exigentes o en los medianamente exigentes en condiciones de suelo que limiten el desarrollo radicular.	20 - 30	20 - 30
C	Probable en general, salvo cultivos poco exigentes en condiciones favorables para el desarrollo radicular.	15 - 20	10 - 20
D	Probable, en general.	10 - 15	1 - 10
E	Muy probable, en general.	Menos de 10	Menos de 1

3º) La probable fuente de error que se interduce con el empleo de carbón activado (técnica de OLSEN et al., es superada mediante la deducción de la absorción luminosa debida al color propio del extracto, lo que se logra por medio de testigos paralelos para cada muestra.

4º) En la determinación del fósforo conviene seguir una técnica que elimine la interferencia del arsénico.

5º) Debe proseguirse el estudio de la técnica más conveniente para reducir los coeficientes de variabilidad, los que, a pesar de ser altos, no alcanzan a cambiar sensiblemente la categoría de calificación del suelo.

LITERATURA CITADA

- (1) THE SOIL TEST WORK GROUP OF THE NATIONAL SOIL RESEARCH COMMITTEE. 1956. "Soil Test compared with Field, Greenhouse and Laboratory Results." North Caroline Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. N° 121.
- (2) HOCKENSMITH, R. D. and KELLEY, O. J. 1933. "Comparison of methods for estimating available phosphorus in alkaline calcareous soils." Colorado Exp. Sta. Tec. Bul. N° 2.
- (3) OLSEN, S. R., COLE, C. V. WATANABE, F. S. and DEAN, L. A. 1954. "Estimation of Available Phosphorus in Soils by extraction with Sodium Bicarbonate." U. S. D. A., Circ. N° 939, Washington D. C.
- (4) PIZARRO, O. AVELLANEDA, M. O., OLMOS, F. S. y NIJENSOHN, L. 1962. "Caracterización de la disponibilidad de fósforo de algunos suelos mendocinos por medio de la lechuga." Actas 2da. Reun. Arg. y 1er. Cong. Latinoam. Cienc. Suelo.
- (5) DICKMAN, S. R. and BRAY, R. H. 1946. "Colorimetric determination." Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 12, 655-668.
- (6) WINTON, A. L. y WINTON, L. B. 1947. "Análisis de Alimentos." Edit. Hisp. Am. S. A., pp 287-288, Buenos Aires.
- (7) BEATON, S. D., PETERSON, H. B. y BANER, N. 1960. "Some aspects of Phosphate adsorption by charcoal." Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24, 340-346.
- (8) BINGHAM, F. T. 1962. "Chemical soil tests for available phosphorus." Soil Sci. 94, 87-95.