

Variación del contenido de fosfatos móviles en los suelos

A. GONZÁLEZ-ABREU, J. LEÓN Y V. I. SAVICH

Lab. de Radioquímica, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, La Habana, Cuba

Recibido: 21 Septiembre 1974

ABSTRACT. Variation of mobile phosphate contents was determined by the Olsen's and Bray-Kurtz's methods in samples of Red Ferralitic, Tropical Brown and Humic Carbonated soils. It was found that the mobile phosphate contents changes from 8 to 52% for the samples of stationary area and from 5 to 19% for samples taken in the central hole.

RESUMEN. Se determinó la variación del contenido de fosfatos móviles por los métodos de Olsen y Bray-Kurtz en muestras tomadas en áreas estacionarias. Los suelos investigados fueron: Rojo-Ferralítico, Pardo Tropical y Húmico-Carbonatado. Se encontró que los contenidos de fosfato móvil varían entre un 8 y un 52% para las áreas estacionarias y entre un 5 y un 19% para las muestras tomadas en el corte original.

INTRODUCCION

El régimen de fósforo de los suelos, y en particular, de los suelos de Cuba, constituye uno de los factores que determinan en forma fundamental, sus características agronómicas así como su fertilidad. Sin embargo, no es posible describir detalladamente el mismo, mientras no se estudie la variación de las propiedades del suelo en el espacio. Sin esta premisa, todas las conclusiones que se hagan acerca de la dinámica de las propiedades del suelo y acerca de sus características agronómicas no serán totalmente válidas.

En suelos de otras regiones, por ejemplo, de la URSS, las variaciones de las formas móviles del fósforo alcanzan valores que oscilan entre un 8 y un 100% (*Savich, 1972 y Sokolov, 1960*). Sin embargo, a pesar de la importancia que revisten estos fenómenos para la práctica agrícola, en nuestro país, hasta el momento, no se poseen datos acerca de los mismos.

El objetivo de nuestro trabajo consistió en la elaboración experimental de varias muestras de diferentes suelos típicos de Cuba, con lo cual

pudo determinarse la variación del contenido de P_2O_5 en áreas estacionarias de cada uno de ellos.

MATERIALES Y METODOS

Para estudiar la variación del contenido de los fosfatos móviles se tomaron 15 muestras en áreas estacionarias de 10×10 cm del horizonte A(0-15 cm) y 5 muestras en el interior del corte original. Los suelos investigados fueron: Rojo Ferralítico, Pardo Tropical y Húmico Carbonatado, los cuales fueron localizados en la provincia de la Habana. Las características de los mismos se relacionan en los trabajos realizados en el Instituto de Suelos de Cuba (*Hernández, y cols., 1973*).

En las muestras tomadas se analizó el contenido de fósforo móvil por métodos de Olsen y Bray-Kurtz (*Sokolov, 1960; Bray y Kurtz, 1945*). En base a los resultados obtenidos experimentalmente se calcularon los parámetros estadísticos que describen la variación del contenido de fósforo móvil en los Suelos (*Savich, 1972; Dmitriev, 1972; Urbaj, 1964 y Fischer, 1958*) y que a continuación se relacionan:

1. Media aritmética:

$$M = 1/n \sum_{i=1}^{i=n} M_i \quad (1)$$

2. Coeficiente variacional

$$cv (\%) = \sigma/M \cdot 100 \quad (2)$$

donde σ error medio cuadrático.

3. Diferencias significativas de las determinaciones en base al test de Student:

$$t_D = M_0/M_D \quad (3)$$

donde

$$M_0 = M_1 - M_2 \quad (4) \quad y \quad MD = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad (5)$$

siendo

$$m = \sigma/\sqrt{n} \quad (6)$$

El número de determinaciones necesarias para obtener un nivel de probabilidad dado se calculó por la expresión:

$$\sqrt{n} / t = \frac{100\sigma}{M_{pt}} \quad (7)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de fosfatos móviles y la variación de éstos en los límites de las áreas estacionarias y el corte original se muestran en la Tabla I.

TABLA I

Variación del contenido de fosfatos móviles en los diferentes tipos de suelo

Tipo de suelo	Contenido de fosfatos móviles en mg/100 g de suelo					
	Bray-Kurtz			Olsen		
	M	σ	cv (%)	M	σ	cv (%)
Húmico Carbonatado	¹ 3,36	1,68	50	4,0	1,74	—
	² 4,36	0,82	18	4,0	0,77	—
Pardo Tropical	¹ 0,43	0,14	32	—	—	—
	² 0,24	0,01	5	—	—	—
Rojo Ferralítico	¹ 4,77	0,39	8	3,64	1,91	52
	² 6,63	0,96	15	7,44	0,93	12

¹ variación del contenido de fosfatos en los límites de las áreas estacionarias (n 15).

² variación del contenido de fosfatos en los límites de las áreas estacionarias (n 5).

Como se observa de los datos de la tabla; el contenido de fosfatos móviles varía considerablemente en los límites del corte original. Es necesario señalar que al fertilizar los campos, el fertilizante aplicado puede distribuirse de forma no uniforme y de este modo es posible encontrar partículas del mismo parcialmente localizadas en las muestras extraídas del suelo.

El método estadístico permite determinar estos valores, y eliminarlos de aquéllos representativos de la fluctuación natural del contenido de fósforo, debida a la variación de las propiedades del suelo. En nuestro trabajo hemos excluido de la serie variacional obtenida aquellos valores que cumplen la relación:

$$\frac{M - M_i}{\sigma} > 3 \quad (8)$$

Por otra parte, cuando se trata de muestras de suelo, es usual encontrar diferentes coeficientes variacionales del contenido de fósforo. Así, por ejemplo, para un valor de este coeficiente igual a 0-10%, la variación se considera no significativa. Para valores entre 10-20%, es pequeña. Entre 20-40% refleja una variación media. Entre 40-60% —una variación alta y mayor que 60% es ya una variación muy alta del contenido del fósforo.

La magnitud de la variación del contenido de fósforo puede ser calculada, en general, a partir del coeficiente de exactitud. En la Tabla II se muestran comparativamente las variaciones del contenido de fósforo en función de este coeficiente.

Sin embargo creemos necesario señalar que, en base a los resultados obtenidos experimentalmente, el valor de este coeficiente no es igual para diferentes tipos de suelo, con particularidades genéticas propias.

Todo lo anteriormente expuesto indica que es imprescindible calcular el grado de variación del contenido de fósforo para dos o más tipos de suelo. Así, por ejemplo, los datos de la media aritmética (M) mostrados en la Tabla I, revelan que en suelo Rojo Ferralítico existe una mayor cantidad de fosfatos móviles (determinados por el método de Bray-Kurtz), que el suelo Húmico Carbonatado, conclusión que se corrobora

por el valor de $t_D = 3,5$ obtenido. Por el contrario, al aplicar el método de Olsen para estos tipos de suelo se encontraron resultados que presentan poca validez al obtenerse un valor de $t_D = 0,5$, lo que indica que para el número de determinaciones realizadas la diferencia obtenida no es significativa.

TABLA II

Variación del contenido de fosfatos móviles en función del coeficiente de exactitud

Coeficiente de exactitud	Variación del contenido de fosfatos (%)
1—2	4 — 8
2—3	8 — 12
3—5	12 — 20
5—8	20 — 32

Los datos obtenidos demuestran que al estudiar comparativamente la dinámica de las propiedades de diferentes suelos, es necesario calcular la variación del contenido de los elementos, sin lo cual las conclusiones pueden ser erradas.

A menudo, en la práctica, para disminuir el error introducido por estos fenómenos de variación, es conveniente utilizar para los análisis, muestras mezcladas. El número de muestras que es necesario tomar puede ser calculado en base al nivel de probabilidad prefijado. Para determinar el número de estas determinaciones para obtener las medidas aritméticas con un nivel de probabilidad dado se utilizó la expresión:

$$t_D / \sqrt{n} = \frac{MP_D}{100\sigma} \quad (9)$$

En general, para la mayoría de las investigaciones acerca de las propiedades de los suelos, es suficiente un valor de $P = 5\%$. En nuestro caso, para el suelo Rojo Ferralítico se obtuvo:

$$2,7 / \sqrt{n} = \frac{4,8 \cdot 5}{100 \cdot 0,39} \quad (10)$$

$$n = 25 \quad (11)$$

considerando que:

$$100 \cdot \sigma/M = cv (\%) \quad (12)$$

donde $cv (\%)$ — coeficiente variacional.

La cantidad de réplicas necesarias viene dada por la relación:

$$P_p/cv = K_1 \quad (13)$$

donde $cv (\%)$ — coeficiente variacional

P_p — nivel de probabilidad tomado como base.

A partir del coeficiente K_1 , dado en las tablas, puede determinarse el número de muestras que es necesario analizar (n).

Cuando se trata de estudiar comparativamente las propiedades de dos suelos diferentes, se hace necesario utilizar el coeficiente K_2 , el cual se calcula por la relación:

$$K_2 = d^2 / 4\sigma^2 \quad (14)$$

donde d — diferencia significativa de los parámetros para los diferentes suelos.

σ — error medio cuadrático.

Por ejemplo, al comparar los suelos Rojo Ferralítico y Húmico Carbonatado en cuanto al contenido de fósforo extraíble por el método de Olsen, hemos asumido como válido un valor de $d = 1,0$ mg/100 g de suelo y $\sigma = 1,9$, entonces:

$$K_2 = (1,0)^2 / 4 (1,9)^2 = 0,07 \quad (15)$$

Para el caso en que $K < 0,37$, n se calcula no con ayuda de las tablas, sino por la relación:

$$n = t_0^2 p / K_2 \quad (16)$$

La dependencia entre las magnitudes de K y n, para los casos estudiados, se muestran en la Tabla III.

TABLA III

Determinación del número de muestras necesarias para obtener una exactitud dada

K_1^*	número de repeticiones suficientes para un nivel P 0,95	K_2^{**}	número de repeticiones suficientes a un nivel P 0,95
0,8; 0,6; 0,5	9; 14; 18	0,5	8
0,4	26	0,4; 0,3; 0,2	10; 12; 16
0,37	$40/K_1^2$	0,13	$2,9/K_2$

* $K_1 - t_p/\sqrt{n}$ donde $t_p =$ grados de libertad $(n-1)$.

** $K_2 - t_p^2/n$ donde $t_p =$ grados de libertad $(n-2)$.

De esta manera, al analizar los datos de la variación del contenido de fosfatos móviles en estos suelos de Cuba, puede concluirse que, para analizar el contenido de fosfatos con suficiente validez, es necesario tomar muestras mezcladas de 67 puntos diferentes (para $cv(\%) = 5$).

Si se considera que las propiedades estudiadas son aditivas, entonces el cálculo del número de puntos de los cuales es necesario extraer las muestras puede calcularse con mayor simplicidad por la expresión:

$$n = \sigma^2 / M^2 \quad (17)$$

donde M—máximo error absoluto permisible.

Por ejemplo, si se toma $M = 0,5$ mg $P_2O_5/100$ g de suelo, para el suelo húmico-carbonatado se obtiene:

$$n = 1,72 / 0,52 = 12$$

Sin embargo si se toma $M = 0,1 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ de suelo, obtenemos un valor de $n = 289$. Por lo tanto la exactitud requerida en la práctica de acuerdo a las posibilidades reales de trabajo, determina, en última instancia, el número de muestras a tomar.

CONCLUSIONES

1. El contenido de fosfatos móviles varía considerablemente en los límites de las áreas estacionarias, siendo esta magnitud de 8-52% para las áreas estacionarias y 5-19% para los cortes originales.
2. En base a los resultados obtenidos, es evidente que resulta más exacto estudiar la dinámica de las propiedades del suelo en muestras mezcladas de las áreas estacionarias tomando un coeficiente variacional límite equivalente al 50%.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los compañeros del Instituto de Suelos de Cuba por la valiosa ayuda prestada en la localización y recolección de las muestras.

REFERENCIAS

- BRAY R. H. AND KURTZ L. T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, 1, 59, 1945.
- DMITRIEV E. A. *Matematicheskaja statistika v pochvedenii*. Moskva, M.G.U., 1972.
- FISHER R. A. *Statistical methods of investigations in soils*. M. Gossd, 1958.
- HERNÁNDEZ Y COLS. *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba*. Acad. Ciencias Cuba, Habana, 1973.
- SAVICH V. I. *Primenenie variatsionnoi statistiki v pochvedenii*. Moskva. TSHKA. 1972.
- SOKOLOV C. Y COLS. *Agrojimichaskie metodi issledovaniiii pochv*. Acak, Nauk, Moskva. 1960.
- URBAJ R. I. *Biometricheskie metodi*. Moskva. Acad. Nauk. 1964,