

USO DEL ÍNDICE DE RESIDUALIDAD PARA MEJORAR EL DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN SUELOS DE ARGENTINA¹

Use of residual index for improving diagnosis of potassium fertilization in Argentine soils¹

Mirta González^{2*}, Gisela Moreno², Marta Elvira Conti², y Ernesto Giardina².

A B S T R A C T

The aim of this work was to improve the diagnosis of potassium fertilization, correcting the value of available potassium (K_i) obtained by the ammonium acetate method (1N pH 7), by means of the Karpinets B residual index. The B residual index is used to determine the amount of added fertilizer which is fixed in high specificity sites and not available in immediate form for plants. On this basis, an assay was conducted in the Argentine agricultural regions of the Pampa and Mesopotamia, in which the amount of K in fertilizers effectively available to plants was determined as K_i . The measured K_i data were compared with estimates based on the B index fitted equation. Correlations between the K_i measured in the assay and those calculated by the equation was $r = 0.98$ ($p < 0.001$), showing that the equation can be used to adjust the dose of K added as fertilizer.

Key words: exchangeable soil potassium, K residual index.

R E S U M E N

El objetivo de este trabajo fue mejorar el diagnóstico de la fertilización potásica, corrigiendo el valor del K intercambiable (K_i) obtenido por el método del acetato de amonio 1N pH 7, con el índice de residualidad de Karpinets (B). El índice de residualidad B determina la cantidad del fertilizante agregado que se fija en sitios de alta especificidad, quedando retenido y no disponible en forma inmediata para las plantas. Con esta base, se realizó un ensayo en suelos de la región agrícola Pampeana y Mesopotámica Argentina, en los que se determinó la cantidad del K del fertilizante efectivamente disponible para las plantas como potasio intercambiable. Los datos de K_i se compararon con estimaciones realizadas en base a la ecuación de corrección realizada con el índice B. Las correlaciones entre el K_i obtenido del ensayo y el calculado, dieron una correlación de $r = 0,98$ ($p < 0,001$), mostrando que la ecuación sirve para ajustar la dosis de K agregada como fertilizante.

Palabras clave: potasio intercambiable del suelo, índice de potasio residual.

¹ Recepción de originales: 08 de julio de 2002.

² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Av. San Martín 4453 (1417), Buenos Aires, Argentina.
E-mail: mgonzal@agro.uba.ar *Autor para correspondencia.

INTRODUCCIÓN

En numerosas investigaciones se ha encontrado que después de una fertilización se produce un incremento en la fijación de K, determinando que la misma depende de la calidad y contenido de la arcilla presente y la saturación potásica del complejo de intercambio (Conti *et al.*, 2001). La fertilización produce cambios en las formas de K presentes en el suelo, aumentando tanto el K del complejo de intercambio (K_i), como el K fijado en las arcillas.

En Argentina, el método más común para estimar la cantidad de K disponible es la determinación de K_i por el método del acetato de amonio 1N pH 7 (Richter *et al.*, 1982). Esta metodología estima la cantidad de fertilizante necesaria para lograr una nutrición adecuada de los cultivos, pero sin considerar que el fertilizante aplicado no pasa totalmente a ser parte del K_i inmediato disponible, sino que es parcialmente retenido como K de reserva o K fijado. Esta imprecisión produce siempre subestimaciones en las dosis calculadas para las necesidades de las plantas.

Para mejorar el diagnóstico de la fertilización potásica se recurrió al uso del índice de residualidad B (Karpinets, 1993), además fue utilizado para corregir los datos de K disponible obtenidos por el método del acetato de amonio 1N pH 7 y para estimar la cantidad de fertilizante potásico necesario en el abastecimiento del cultivo. El índice de residualidad B determina la proporción del fertilizante agregado que se fija en sitios de alta especificidad, y la que pasa a ser parte del complejo de intercambio, K_i . De esta manera, el coeficiente B puede ser usado como elemento de ajuste del método del acetato de amonio 1N pH 7, permitiendo mejorar y aumentar la eficiencia del cálculo de las dosis de fertilizante agregadas.

El objetivo de este trabajo fue mejorar el diagnóstico de la fertilización potásica corrigiendo el cálculo de K_i obtenido por el método del acetato de amonio 1N pH 7, con el índice de residualidad B de Karpinets.

MATERIALES Y MÉTODOS

Suelos. Las muestras se seleccionaron en áreas de agricultura intensiva, abarcando subgrupos taxonómicos con distinta cantidad y calidad de arcillas. Se trabajó sobre 41 muestras superficiales (Horizonte A) de suelos obtenidas de distintas localidades de la región Pampeana (58°-64° long. Oeste y 32°-36° lat. Sur) y región Mesopotámica Argentina (56°-58° long. Oeste y 35°-26° lat. Sur). Los suelos utilizados fueron: Argiudol típico (Serie Pergamino, predominio arcilla illítica y esmectitas), Argiudol ácuico (Serie Mercedes, predominio arcillas esmectitas), Hapludol típico (Serie 9 de Julio, predominio micas y arcillas illíticas), Argiudol vértico (Serie Arroyo Carrasco, predominio arcillas esmectitas), Argialbol típico (Serie Cesira, predominio arcillas illíticas), Pelludert típico (Serie Gral. Campos, predominio arcillas esmectitas).

Análisis físicos y químicos. Las muestras de suelo se secaron al aire, se molieron y se tamizaron por malla de 2 mm. Se midió: porcentaje de materia orgánica (método de Walkley y Black), arcilla, textura (método de Bouyoucos-Day), pH (agua 1:2,5), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (método con acetato de amonio pH 7) (Soil Survey, 1996); K intercambiable (K_i) (método del acetato de amonio 1 N pH 7 (Richter *et al.*, 1982), midiendo su contenido por fotometría de llama; índice de K residual B: el método indica dos determinaciones sucesivas de K intercambiable, llamando K_{i1} a la primera determinación y K_{i2} a la segunda. En cada suelo se calcularon los valores de B con los valores de K_{i1} y K_{i2} , de acuerdo a la siguiente fórmula (Karpinets, 1993):

$$B = (K_{i1} - K_{i2})/K_{i1}$$

donde B = índice de K residual; K_{i1} = K intercambiable en la primera percolación; K_{i2} = K intercambiable en la segunda percolación.

Diseño experimental. El diseño del experimento fue de bloques completos al azar. Se tomaron 100 g del suelo de cada muestra y se colocaron en potes, con tres repeticiones por tratamiento: Tra-

tamiento 1: testigo; y Tratamiento 2: agregado de 1,86 mg KCl 100 g⁻¹ suelo, equivalente a 0,25 cmol_c K⁺ kg⁻¹ de suelo ó 130 kg K ha⁻¹.

Los tratamientos se sometieron a cuatro ciclos consecutivos de humedecimiento y secado para favorecer el hinchamiento y apertura de las arcillas, facilitando la fijación de K en los sitios de máxima especificidad. Se incubaron los suelos durante 24 h a 30°C, seguido de un secado de 24 h a 70°C. Después de concluidos los cuatro ciclos de incubaciones, se determinó la cantidad de Ki inicial de todas las muestras de suelos y el K intercambiable final (Kif).

Metodología estadística. Los resultados obtenidos se promediaron de tres repeticiones. Se realizaron ANDEVA y se calcularon las diferencias entre medias de tratamiento empleando el test de Tukey. Se realizaron correlaciones y regresiones de los datos obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de los análisis físicos y químicos de los suelos estudiados se presentan en el Cuadro 1.

Los valores de Kif representan la cantidad de Ki que queda disponible en el complejo de cambio después de la reubicación del fertilizante agregado, y se muestran en el Cuadro 2 junto con los índices de residualidad B.

El rango de variación del valor “B” se encuentra entre 0 (cuando $Ki_1 = Ki_2$) y 1 (cuando $Ki_2 = 0$). En el primer caso (B cercano a 0) el suelo presenta alta fijación de K y un elevado poder regulador. En el segundo caso (B cercano a 1) el suelo tiene baja fijación de K y bajo poder regulador, lo que se asocia a que todo el K adicionado como fertilizante sea ubicado en forma intercambiable (Karpinets, 1993). Los Argiudoles, Argialboles y Hapludoles típicos exhibieron los mayores valores de B, correspondiendo a valores de fijación

Cuadro 1. Valores promedio, desviación estándar y rango, de las propiedades físicas y químicas de los diferentes grupos taxonómicos de suelos.

Table 1. Mean values, standard deviations and range, of chemical and physical properties of the different soil taxonomic groups.

	Hapludol típico (7) ¹	Argiudol típico (13)	Argiudol ácuico (5)	Argiudol vértico (4)	Argialbol típico (8)	Pelludert (4)
MO, %						
Promedio	2,5	3,4	3,7	3,8	3,6	6,2
DE	0,43	0,89	1,0	0,43	1,02	1,60
Rango	1,9 – 3	2,5 – 5,8	2,8 – 5,5	3,4 – 4,5	1,8 – 5,1	2,9 – 10,7
Arcilla, %						
Promedio	22,8	23,2	25,7	27,7	24,2	45,2
DE	5,4	3,3	1,32	1,9	9,7	7,9
Rango	15,2 – 24,9	19,3 – 31,1	24,1 – 27	28,9 – 33	20,7 – 41,7	31,0 – 68,1
pH						
Promedio	6,0	6,0	5,8	4,9	5,9	6,2
DE	0,44	0,42	0,33	0,70	0,20	0,80
Rango	5,3 – 6,6	7,0 – 5,4	5,4 – 6,2	7,2 – 5,9	5,6 – 6,1	6,4 – 7,9
CIC						
Promedio	18,3	21,5	23,7	22,2	22,9	59,4
DE	4,10	3,71	3,00	1,90	8,50	7,60
Rango	14,2 – 19,9	16,7 – 32,3	21,5 – 29	20,6 – 24,4	16,2 – 34,5	56,2 – 62,0

¹ Números entre paréntesis: cantidad de muestras de suelos en cada grupo taxonómico.

MO = materia orgánica; DE = desviación estándar; pH = reacción del suelo, relación suelo:agua (1:2,5); CIC = capacidad de intercambio catiónico, cmol_(c) kg⁻¹ suelo.

Cuadro 2. Valores promedios de Ki, índice de residualidad B, Kif y Kife obtenido con la ecuación de corrección en los diferentes grupos taxonómicos de suelos.

Table 2. Mean values of Ki, B residuality index, Kif and Kife obtained by the fitted equation in the different soil taxonomic groups.

	Hapludol típico (7) ¹	Argiudol típico (13)	Argiudol ácuico (5)	Argiudol vértico (4)	Argialbol típico (8)	Pelludert típico (4)
Ki						
Promedio	2,24	2,20	1,94	2,06	2,00	2,82
DE	0,76	0,83	0,88	0,30	1,12	1,30
Rango	1,2 – 3,0	2 – 3,7	0,6 – 2,8	1,8 – 2,4	0,1 – 3,2	1,1 – 3,9
Kif						
Promedio	2,45	2,36	2,18	2,21	2,19	2,90
DE	0,77	0,83	0,96	0,31	1,16	1,20
Rango	1,4 – 3,2	1,5 – 4,8	0,7 – 2,9	1,9 – 2,6	0,2 – 3,5	1,2 – 3,9
B						
Promedio	0,99	0,87	0,66	0,75	0,88	0,66
DE	0,03	0,02	0,05	0,02	0,04	0,02
Rango	0,9 – 1,0	0,8 – 0,9	0,6 – 0,7	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9	0,6 – 0,7
Kife						
Promedio	2,46	2,39	2,27	2,30	2,23	2,99
DE	0,77	0,87	0,93	0,31	1,13	1,30
Rango	1,4 – 3,2	1,1 – 4,9	0,8 – 3,0	1,9 – 2,6	0,3 – 3,0	1,2 – 4,0

¹Números entre paréntesis: cantidad de suelos en cada grupo taxonómico.

Ki = potasio intercambiable inicial; Kif = potasio intercambiable final, después de la fertilización potásica; B = índice de residualidad de Karpinets; Kife = potasio intercambiable final estimado con la ecuación: $Kife = Ki + (B) \times \text{cantidad de K fertilizante agregado}$; DE = desviación estándar.

bajos. Por otra parte, los bajos valores de B de los Argiudoles ácuicos y Pelludert, indicaron un alto poder de fijación. En todos los suelos estudiados, el índice manifestó alta correlación con los datos de fijación de K ($r = -0,95$; $p < 0,01$), a pesar de la variación en los porcentajes y naturaleza de las arcillas presentes (Zubillaga y Conti, 1996; Gonzalez *et al.*, 1999).

Las correlaciones efectuadas entre el valor B de los suelos Pelludert típico y Argiudol ácuico, con los contenidos de materia orgánica ($r = 0,66$; $p < 0,05$) y de arcillas ($r = 0,73$; $p < 0,05$), fueron altamente significativas. En ambos taxones de suelos, con predominancia de arcillas esmectitas, se observó una alta fijación de K como consecuencia de una rápida saturación de los lugares interlaminares con mayor selectividad de K (Tening *et al.*, 1995). Esta característica interviene en forma directa en el balance de K en el suelo (Srinivasa Rao *et al.*, 1997; 2000), determinando que las arcillas restringen la entrega de K al sistema, más allá de los valores indicados por la simple determinación del K intercambiable, sien-

do este efecto más pronunciado cuanto más agotado está el suelo en K intercambiable. Esta observación es coincidente con autores extranjeros (Pal y Srinivasa Rao, 2002) y autores argentinos (Melgar y Figueroa, 1996).

Con los valores de Ki y el índice B, se realizaron estimaciones de cálculo del Ki que resultaría después de una fertilización equivalente a la realizada en el experimento. A este valor de cálculo se le llamó K intercambiable final estimado (Kife), mediante la ecuación 1:

$$Kife = Ki + (B) \times \text{cantidad de K agregado} \quad (1)$$

El Cuadro 2 presenta los datos obtenidos de Ki, Kif, Kife y B de todos los suelos. Las correlaciones entre los Kif medidos y Kife calculados presentan valores de alta significancia (Cuadro 3). La corrección realizada por el índice B a la cantidad de K agregado, es adecuada para determinar la parte del fertilizante que se ubicó en el complejo de cambio (Ki), pasando a ser fácilmente disponible por el cultivo.

De la misma forma, el coeficiente B se convierte en un elemento de base de caracterización de los suelos, pudiendo ser usado como estimador en el cálculo de las dosis de K agregadas en función al poder de retención de K de cada suelo (Ecuación 2).

$$K \text{ agregado como fertilizante} = (K_{ife} - K_i) / B \quad (2)$$

donde B = índice de residualidad de Karpinets; K_i = K intercambiable inicial del suelo; y K_{ife} = K intercambiable final estimado para la necesidad del cultivo.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación entre el Kif y Kife de los diferentes grupos taxonómicos de suelos.

Table 3. Correlation coefficient between Kif and Kife in the different soil taxonomic groups.

Suelos ¹	Coeficiente de correlación
Argiudol típico (13)	0,99 ***
Argiudol ácuico (5)	0,95***
Hapludol típico (7)	0,99***
Argiudol vértico (4)	0,99***
Argialbol típico (8)	0,99***
Pelludert (4)	0,98***
Todos los suelos (41)	0,98***

¹ Números entre paréntesis: cantidad de suelos en cada grupo taxonómico.

*** $p < 0,001$.

Kif = potasio intercambiable final, después de la fertilización potásica;

Kife = potasio intercambiable final estimado con la ecuación:

$$K_{ife} = K_i + (B) \times \text{cantidad de K fertilizante agregado.}$$

CONCLUSIONES

Dentro de lo obtenido en esta investigación se pudo demostrar que el método del acetato de amonio 1 N pH 7 resulta apropiado para valorar la disponibilidad de K en el suelo, pero no es suficiente para realizar estimaciones de dosis de fertilizantes, ya que no determina la capacidad de sorción de K del suelo. Los cálculos de fertilización realizados teniendo en cuenta el índice B (Karpinets, 1993) han manifestado ser precisos, aumentando la eficiencia en el diagnóstico y la recomendación de K, sobre todo en suelos con alto porcentaje de arcillas de elevada fijación y bajos valores de B. El uso conjunto de la determinación de K_i del suelo y del índice de residualidad B fue adecuado para estimar la cantidad de K agregada como fertilizante.

RECONOCIMIENTO

Esta investigación fue subsidiada por UBACYT AG 038.

LITERATURA CITADA

- Conti, M.E., A.M. de la Horra, D. Efron, and D. Zourarakis. 2001. Factors affecting potassium in Argentine agricultural soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32:2679-2690.
- González, M.G., G.B. Moreno, M.E. Conti, y A.M. de la Horra. 1999. Cambios en la fijación-liberación de potasio en Argiudoles con distinto tipo de arcilla y saturación potásica. *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Ciencia del Suelo* 17:27-31.
- Karpinets, T.W. 1993. Estimation of potassium fixation and release in soils by two consecutive extractions. *Potash Rev.* 1:29-33.
- Melgar, R., y M.M. Figueroa. 1996. Efecto de aplicaciones de potasio sobre pasturas en Molisoles de Corrientes. p. 127. *Actas XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Santa Rosa La Pampa* 19-24 de mayo 1996. *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Buenos Aires, Argentina.*
- Pal, D.K., and Ch. Srinivasa Rao. 2002. Role of minerals in potassium management on Indian soils. p. 151-166. Pasricha, N.S. and Bansal, S. (eds.). *Potassium for sustainable crop production. Proceedings of International Symposium on Role of Potassium in Nutrient Management for Sustainable Crop Production in India. New Delhi, India, Diciembre 2002. International Potash Institute. Basel, Switzerland.*
- Richter, M., M.E. Conti, y G. Maccarini. 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables, acidez intercambiable y capacidad de intercambio catiónica. *Universidad de Buenos Aires. Rev. Facultad de Agronomía* 3:145-157.
- Soil Survey. 1996. *Laboratory methods manual. US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington D.C., USA.*
- Srinivasa Rao, Ch., B. Bhanu Prasad, P.R.K. Prasad, S.K. Bansal, A. Subba Rao, and P.N. Takkar. 1997. Assessment of potassium reserved and K depletion in six micaceous red soils using convectional estimates and electroultrafiltration. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 45:44-47.
- Srinivasa Rao, Ch., A. Subba Rao, and T. Rupa. 2000. Plant mobilization of reserve potassium from fifteen smectitic soils in relation to mineralogy and soil test potassium. *Soil Sci.* 165:578-586.
- Tening, A.S., J.A.I. Omueti, and G. Tarawali. 1995. Fixation of potassium in some soils of the subhumid zone of Nigeria. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:1169-1177.
- Zubillaga, M.M., and M.E. Conti. 1996. Availability of exchangeable and no-exchangeable K in Argentine soils with different mineralogies. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd* 159:149-153.