

USO AGRÍCOLA DE SUELOS ARGIUDOLES VÉRTICOS, CAMBIOS EN LOS CONTENIDOS DE POTASIO DEL HORIZONTE SUPERFICIAL

M.E. CONTI¹, A. M. DE LA HORRA², C. QUINTEROS² y S. CATÁN²

RESUMEN

Los contenidos de potasio de los Argiudoles vérticos cambian con el uso agrícola, determinando en suelos con manejos sustentables un elevado aumento de las formas soluble e intercambiables, con respecto a su situación de vegetación de monte natural, producto del reciclaje de los residuos orgánicos y la elevada retención producida por sus complejos húmicos-montmorilloníticos. El deterioro físico que se produce con el aumento de la intensidad del uso agrícola se manifiesta con la disminución de potasio del horizonte A en las formas lábiles de potasio (soluble e intercambiable) y en las reservas activas o de potasio no-intercambiable.

Palabras clave. Argiudoles vérticos, potasio, potasio intercambiable, potasio no intercambiable.

AGRICULTURAL USE OF VERTIC ARGIUDEL SOILS, CHANGES IN THE POTASSIUM CONTENTS OF THE SUPERFICIAL HORIZON

SUMMARY

Sustainable agricultural practices on vertic argiudol soils produce increments in soluble and exchangeable potassium forms (compared with these contents in native forest) as a consequence of organic matter turn over and because of this high retention capacity of the humic- montmorillonitic complexes. Physical degradation produced by intensive agricultural use of the soil leads to a decrease in the labile forms of potassium (soluble and exchangeable) in the A horizon and in the non-exchangeable forms of this nutrient.

Key words. Vertic argiudol, potassium, exchangeable potassium, non-exchangeable potassium

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Entre Ríos existen suelos que se caracterizan por tener propiedades «vérticas», con un alto porcentaje de arcilla expandible, bajos contenidos de fósforo, y alta susceptibilidad a la erosión hídrica. Este grupo de suelos ocupa una superficie aproximada de 3,5 millones de hectáreas y gran parte de ellos se dedican a la producción agrícola ganadera. Debido a la mejor rentabilidad de la agricultura, en los últimos años, la superficie agrícola de la provincia ha crecido a un ritmo acelerado disminuyendo las áreas con monte o campos naturales (Quintero *et al.*, 2000). Esta situación ha generado degradación de suelos y la

necesidad de conocer el estado de fertilidad, determinando el cambio en los biociclos de los nutrientes ante periodos de agricultura continua o prolongada.

El potasio, comparado con otros nutrientes, presenta en su dinámica particularidades que dependen fuertemente de la cantidad y naturaleza de las arcillas presentes (Conti *et al.*, 1997) que regulan la proporción entre las formas lábiles y de reserva. En los suelos vertisoles de Entre Ríos, con predominancia de esmectitas, el abastecimiento de potasio a los cultivos depende de la velocidad de reposición de las formas lábiles que son reguladas por las formas fijas o de reserva activa de estas

¹Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453. (1417) Buenos Aires.

arcillas (Zubillaga y Conti, 1996). El potasio no intercambiable ubicado en las interláminas de arcillas esmectitas, es la clave de la reposición del potasio removido por los sucesivos cultivos (Cox *et al.*, 1999). El potasio interlaminar también es el destinatario del potasio liberado durante la mineralización de los residuos de cosecha, logrando con este medio equilibrar al proceso de liberación y demanda del nutriente en los cultivos.

La cinética de potasio de los suelos vérticos tiene especial dependencia del reciclaje producido por la extracción de las cosechas y la incorporación de rastrojos en horizontes superiores (Olk *et al.*, 1995a). El conocimiento de los cambios producidos en la dinámica de potasio está relacionado con la alternancia de liberación y fijación del potasio interlaminar. A pesar de la importancia de estos aspectos para encarar cualquier tecnología de fertilización, ellos han sido poco estudiados en la región.

Esta investigación fue conducida con el propósito de conocer la evolución de la dinámica de potasio en relación a la intensidad de la agricultura y del estado de degradación y recuperación de Argiudoles vérticos de Entre Ríos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de suelo fueron tomadas en la provincia de Entre Ríos, de la región de suelos Argiudoles vérticos (familia fina, montmorillonítica, térmica), donde se seleccionaron lotes con las siguientes situaciones:

Situación 1 (S1): vegetación prístina, bosque xerófito

(predominio de *Prosopis sp*) y herbáceas (predominio de *Stipa*, *Setaria*, *Paspalum*).

Situación 2 (S2): más de 15 años desde el desmonte; inicialmente cultivado y con pradera naturalizada los últimos años.

Situación 3 (S3): más de 20 años desde el desmonte; cultivo continuo con maíz y soja en labranza convencional.

Situación 4 (S4): más de 40 años desde el desmonte; cultivo continuo con maíz y soja.

De cada lote se obtuvieron 8 muestras compuestas de 10 submuestras.

El Cuadro N° 1 muestra algunos datos químicos de los lotes estudiados

Análisis químicos efectuados

pH en agua relación suelo solución: 1:2,5

Carbono oxidable (Nelson y Sommers, 1982).

Conductividad eléctrica en extracto de saturación.

Potasio soluble en CaCl_2 0,01M. Sinclair, 1979.

Potasio intercambiable, por percolación con NH_4Ac .

Potasio extraído con HNO_3 1M a ebullición. (Wood, L.K. y DeTurk, 1941.)

Potasio no intercambiable o de reserva, se determinó por diferencia entre el potasio extraído con HNO_3 y el potasio intercambiable.

$$K_{\text{no intercambiable}} = K_{\text{HNO}_3} - K_{\text{intercambiable}}$$

Análisis estadístico

Se realizó un ANVA para estudiar las diferencias entre las distintas situaciones y para cada una de las formas de potasio estudiadas. Se realizó un análisis de correlación para evaluar las asociaciones entre el contenido de las distintas formas de potasio.

Cuadro N° 1. Profundidad del horizonte A y cantidades de C oxidable%, pH y Conductividad eléctrica en situaciones de suelo con vegetación prístina y de uso agrícola.

Situación	Profundidad Horizonte A (cm)	C oxidable (%)	pH	Cond eléctrica (dSm ⁻¹)
1 Monte	27-30	3,12 a	6,1 b	0,48 a
2 Agricultura	20-30	3,03 a	6,3 a	0,38 b
3 Agricultura	10-12	2,50 b	6,3 a	0,42 ab
4 Agricultura	9-12	2,30 c	6,3 a	0,35 b

Letras diferentes en comparaciones verticales indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las situaciones elegidas representan varios estados de calidad de suelo que van desde monte natural en S1 a variados estados de alteración y degradación, producto del aumento de la intensidad agrícola, S2, S3, S4.

La situación S1, con vegetación prístina de bosque xerófito, fue la que presentó los valores más bajos en todas las formas potásicas estudiadas, excepto para el potasio no-intercambiable que no cambió en ningún caso. Es notorio ver como en suelos con alta cantidad de arcillas esmectitas, específicamente montmorillonita, el reciclaje de potasio que producen los residuos de los cultivos anuales, aumenta la cantidad de las formas de potasio del horizonte superior. Los suelos Vérticos presentan una intensa interacción física y química de los compuestos húmicos con las arcillas montmorillonitas, determinando fuerte poder de adsorción y poca capacidad de lixiviación de cationes, particularmente potasio en estos suelos (González *et al.*, 2000; Surekha *et al.*, 1996).

En relación con la concentración de las distintas formas de potasio, los lotes con agricultura, se diferenciaron de acuerdo a la intensidad de uso agrícola. Se encontró que la situación S2, lotes sin degradación con pradera, presentaban los valores más altos de potasio soluble en cloruro de calcio y de potasio intercambiable, mientras que las situaciones S3 y S4 de alta degradación, las menores.

En el potasio no intercambiable o de reserva, no

se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las distintas situaciones, Cuadro N° 2.

Los resultados obtenidos sugieren que en las situaciones agrícolas, la fijación interlaminaar de potasio proveniente de la descomposición de los restos vegetales de cosecha se producen en forma gradual, a través de un espectro continuo de los sitios de adsorción que van desde la solución y los sitios de baja afinidad, (representado por el «pool» más lábil, potasio soluble en cloruro de calcio) hacia los sitios de mayor afinidad (potasio intercambiable) y luego a los sitios interlaminares. Esta dinámica de reubicación del potasio fue también determinada en suelos agrícolas vermiculíticos por Olk *et al.* (1995a), que demostraron que las disminuciones de potasio siguen el orden de degradación de los suelos, manifestándose de manera más marcada en las formas lábiles que en las de reserva.

La disminución de las formas más disponibles de potasio coincide con la disminución de la materia orgánica de los suelos. Las correlaciones de potasio soluble en cloruro de calcio, potasio intercambiable con el porcentaje de C oxidable presentaron coeficientes de correlación altos y positivos ($r = 0,95, 0,86; P < 0,05$); mientras que las formas fijas o de reserva, potasio no-intercambiable, tuvieron un coeficiente de correlación negativo y no significativo ($r = -0,41; P < 0,05$). La disponibilidad de potasio concomitante con el aumento de la materia orgánica puede estar relacionado a mecanismos de disponibilidad de sitios de intercambio,

Cuadro N° 2. Concentraciones de potasio soluble, intercambiable, extraído con HNO₃ y no-intercambiable en situaciones de suelo con vegetación prístina y de uso agrícola.

Situación	K en CaCl ₂ (cmol kg ⁻¹)	K intercambiable (cmol kg ⁻¹)	K en HNO ₃ (cmol kg ⁻¹)	K no-intercambiable (cmol kg ⁻¹)
1 Monte	0,31 c	0,92 b	2,50 c	1,58 a
2 Agricultura	0,75 a	2,10 a	3,67 a	1,57 a
3 Agricultura	0,65 a	1,91 a	3,34 b	1,43 a
4 Agricultura	0,53 b	1,35 b	3,16 b	1,81 a

Letras diferentes en comparaciones verticales indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Cuadro N° 3. Cantidades de Potasio soluble, intercambiable, extraído con HNO₃ y no- intercambiable en situaciones de suelo con vegetación prístina y de uso agrícola.

Situación	K en CaCl ₂ (kg ha ⁻¹)	K intercambiable (kg ha ⁻¹)	K en HNO ₃ (kg ha ⁻¹)	K no-intercambiable (kg ha ⁻¹)
1 Monte	309 b	930 b	2532 b	1602 a
2 Agricultura	862 a	2420 a	4233 a	1813 a
3 Agricultura	341 b	1003 b	1750 c	747 b
4 Agricultura	291 b	743 b	1736 c	993 b

Letras diferentes en comparaciones verticales indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

consistente con las propiedades químicas de la materia orgánica del suelo (Olk y Cassman, 1993). De la misma forma la cantidad de materia orgánica no afecta las formas potásicas de mayor fijación como son las no intercambiables, sino por el contrario mantiene con ellas una tendencia de asociación negativa. Algunos autores, a pesar de las controversias existentes, discuten y apoyan la capacidad de la materia orgánica más joven, propia de suelos no degradados, de reducir la fijación de potasio por bloqueo de los sitios específicos (Goulding y Talibudeen, 1984; Olk *et al.*, 1995b).

Finalmente, se realizaron los cálculos que relacionan al contenido de potasio del el horizonte A, teniendo en cuenta su profundidad y densidad, con el estado de degradación de los suelos y nuevamente S2 (suelo en pradera) se diferenció del resto presentando los valores más altos de potasio (Cuadro N° 3).

En las formas solubles y lábiles (potasio soluble en cloruro de calcio y potasio intercambiable) y en las de reserva activa (potasio no intercambiable) las situaciones degradadas, S3 y S4, muestran

disminuciones significativas con respecto a S2, no presentando diferencias entre ellas.

En conclusión, los contenidos de potasio del suelo cambiaron con el uso agrícola, determinando en suelos con manejos sustentables (S2) un elevado aumento de las formas soluble e intercambiables, con respecto a su situación de vegetación prístina o natural, producto del reciclaje de los residuos orgánicos y la elevada retención producida por los complejos húmicos-montmorilloníticos de los suelos vérticos. El deterioro físico que se produjo con el aumento del uso agrícola (S3 y S4) se manifiesta directamente con la disminución de potasio en el horizonte A de 1400 y 1700 kg. ha⁻¹ en las formas lábiles, (K intercambiable) y lo que es más importante de 1100 y 800 kg. ha⁻¹ en las reservas activas de potasio (K no-intercambiable), que podría disminuir la disponibilidad de potasio de los cultivos en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto parcialmente financiado por PIP 4453 e INPOFOS-Cono Sur.

BIBLIOGRAFÍA

- CONTI M.E., N.M. ARRIGO, A.M. DE LA HORRA y A. MARCHI. 1997. Fertilización e interacción potasio-fósforo sobre el rendimiento de alfalfa en un Haplustol Típico (zona semiárida Argentina). *Ciencia del suelo* 15 (1): 51-53.
- COX A.E., B.C. JOERN, S.M. BROUDERT and D. GAO. 1999. Plant Available Potassium Assessment with a Modified Sodium Tetraphenylboron Method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63 :902-911.

- GONZALEZ M.G., M.E. CONTI, G. MORENO y H. SVARTZ.** 2000. Uso Agrícola: Efecto sobre Algunas propiedades Físico-químicas y Químicas, en suelos Vérticos de Entre Ríos. Revista Facultad de Agronomía Número especial del Primer Simposio Nacional sobre Suelos Vérticos. 20 (1) : Pág. 111-115
- GOULDING K.W. and O. TALIBUDEEN.** 1984. Thermodynamics of K-Ca exchange in soils. Effects of potassium and organic matter residues in soils from the Broadbalk and Saxmundhum Rotation experiments. *J. Soil Sci.* 35: 397-408.
- NELSON D.W. and L.E. SOMMERS.** 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In A.L. Page (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. Pag 539-580.
- QUINTERO C.E., L. RISO, A. GONZALEZ y M. IZAGUIRRE.** 2000. Estado de fertilidad de los suelos de Entre Ríos, principales limitaciones. Revista Facultad de Agronomía Numero especial del Primer Simposio Nacional sobre Suelos Vérticos. (OJO, citar este número de la revista)
- OLK D.C. and G. CASSMAN.** 1993. Reduction of Potassium Fixation by organic matter in Vermiculitic Soils. p 307-315 In Soil organic matter dynamic and sustainability of Tropical Agricultura. Wiley-Sayce, Chichester, England.
- OLK D.C., G. CASSMAN and R.M. CARLSON.** 1995a. Kinetics of Potassium Fixation in Vermiculitic Soils under Different Moisture Regimes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59 : 423-429.
- OLK D. C. and G. CASSMAN.** 1995b. Reduction of Potassium Fixation by twoo Humic Acid in Vermiculitic Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:1250-1258.
- SINCLAIR A.H.** 1979. Availability potassium to ryegrass from Scottish Siols. I Effects of intensive cropping on potassium parameters. *J. Soil Sci.*, 30 : 757-773
- SUREKHA K., I.V. SUBBARAO, A. PRASAD RAO and V. ADINAYANA.** 1996. Long-Term Potassium Releasing Power of Vertisols of Andhra Pradesh. *J. of Potassium Research.* 12 (4): 345-350
- WOOD L.K. and DE TURK.** 1941. The adsorption of potassium in soils in nonreplaceable forms. *Soil Sci. Am. Proc.* 5: 152-161.
- ZUBILLAGA M.M. and M. E. CONTI.** 1996. Availability of Exchangeable and no-exchangeable K in Argentine soils whith different mineralogies. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science (Z. Pflanzenernähr).* Bodenk). (159):149-153