

ISOTERMAS DE ADSORCIÓN DE POTASIO EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

Amanda Lozano de Yunda*, Gloria Guzmán, Alexandra Ferrucho, Leyla Amparo Rojas**

Recibido julio 28/97 - Aceptado septiembre 9/97

Keywords: adsorption isotherms, potassium, oxisol.

RESUMEN

En un suelo de los Llanos Orientales de Colombia de pH: 4,4, contenido de arcillas 28% (16% de tipo vermiculita-Al) se realizaron isotermas de adsorción de potasio en el intervalo de 0-240 ppm de potasio adicionado como cloruro de potasio, con un tiempo de equilibrio de 24 horas, temperatura 18 °C y lecturas del potasio al final del equilibrio por espectrofotometría de absorción atómica. Se evaluó el efecto del control de pH con un buffer de citrato de sodio pH 4,5, dos velocidades de agitación (100 y 170 r.p.m.) y la presencia de 200 ppm de N como NH_4^+ . Se encontró que a pH controlado el suelo presenta desorción de potasio a bajas concentraciones aplicadas (< 80 ppm); en ausencia del buffer y a la velocidad menor se presentó mayor adsorción, conservándose la tendencia general de las curvas. El efecto de la presencia de NH_4^+ no fue significativo. Las constantes de adsorción y desorción obtenidas por linealización de la ecuación de Freundlich fueron respectivamente 1,41 y 4,54. Se concluyó que el suelo presenta una tendencia a favore-

cer la desorción con la aplicación de potasio probablemente debido a la presencia de la vermiculita-Al entre los minerales de la fracción arcilla.

ABSTRACT

In an acid soil of the Eastern Plains of Colombia with pH value of 4,4 and a clay content of 28% (16% of Al-vermiculite), potassium adsorption and desorption isotherms were performed in a range of potassium concentration between 0 and 240 ppm, added as potassium chloride. The shaking time with the equilibrium solution was 24 hours. After centrifugation the potassium concentration was determined in the supernatant by atomic absorption. The isotherms were performed at the pH of the soil and a constant pH of 4,5 by adding a buffer solution of sodium citrate. The effect on the potassium adsorption of two shaking velocities (100 and 170 r.p.m.) and the presence of 200 ppm of N as NH_4^+ in the equilibrium solution were measured. There was potassium desorption at constant pH when the potassium solution in the equilibrium solution was low (<80 ppm). The potassium adsorption by the soil was higher at the shaking velocity of 100 rpm without buffer. The effect of NH_4^+ on the potassium adsorption was no significant. Potassium adsorption and desorption could be described by the Freundlich equation over the entire range of potassium concentration in the equilibrium solution. The Freundlich adsorption and desorption constants were 1,41 and 4,54 respectively. It was concluded that the soil had more

*Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 14490. Santafé de Bogotá, Colombia.

**Corporación Agropecuaria de Colombia, CORPOICA.

tendency to desorb than to adsorb potassium due to the presence of Al-vermiculite in the clay fraction.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de sorción controlan muchas de las propiedades fisicoquímicas del suelo. Ellos manejan de manera activa la disponibilidad de nutrientes para las plantas, por lo que se hace necesario estudiarlos para tratar así de caracterizar el comportamiento de los diferentes nutrientes que intervienen en el metabolismo de ellas.

Las isotermas de adsorción y desorción describen la relación entre la cantidad de sustancia que es adsorbida por la fase sólida del suelo y la cantidad que está en la solución de equilibrio. Gran parte de los estudios de adsorción se han llevado a cabo con aniones como fosfato, sulfato, borato, etc. (1,2,3) pero también se han evaluado plaguicidas, oligoelementos y contaminantes de naturaleza catiónica.

En cuanto a los procesos de sorción del potasio en el estado de equilibrio, es poco lo que se ha estudiado; aunque las isotermas de adsorción se han tratado de usar como un método para determinar el potasio intercambiable, el enfoque se ha dirigido más a entender mejor su dinámica en el suelo, que como herramienta para predecir la disponibilidad del elemento (4,5,6,7,8).

En los Llanos Orientales de Colombia se ha observado que aunque los suelos presentan un contenido muy bajo de potasio intercambiable disponible para las plantas (0,1 meq/100 g), el cultivo de soya no presenta respuesta en rendimiento a la aplicación de fertilizante potásico ni se observan síntomas de deficiencia del elemento en las plantas. Debido a que los suelos de la región son generalmente oxisoles, los cuales se caracterizan por la escasez de minerales expansibles no parece

existir una explicación fácil para este comportamiento; el presente trabajo tuvo como objetivos estudiar mediante las isotermas de sorción realizadas en diferentes condiciones la dinámica del potasio en un oxisol como un aporte a una posible explicación del comportamiento descrito.

PARTE EXPERIMENTAL

Suelo.

El estudio se llevó a cabo con un suelo procedente del Centro Nacional de Investigación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA - La Libertad, ubicada en los Llanos Orientales (Altura 336 m, temperatura promedio 25 °C, humedad relativa 77%). El suelo está clasificado como Tropectic Haplorthox y se encuentra localizado en paisajes fisiográficos de terraza alta y altillanura plana. La muestra se tomó en el horizonte superficial a una profundidad de 0 a 20 cm. Presentaba las siguientes características fisicoquímicas: pH (agua 1:2,5) 4,4; Capacidad de cambio 8,64 meq/100g; Materia orgánica 2,8%; Potasio intercambiable 0,096 meq/100 g; Saturación de potasio 1,11%; Textura Franco Arcillosa; Arena 41,12%; Limo 30,76%; Arcilla 28,12%. En los minerales de la arcilla se identificó Caolinita 64%; Vermiculita-Al 16% y Cuarzo 8%.

Isotermas de adsorción-desorción de potasio.

Los procedimientos realizados se basaron en los trabajos de Elrashidi et al. (9), Mitsios, J. et al. (8) y Ioannou, A. et al. (10) con la siguiente metodología:

Isoterma de Adsorción.

a. Isoterma General.

En tubos de centrifuga plásticos con capacidad de 50 mL, se pesaron por

triplicado, muestras de un gramo de suelo seco al aire y pasado por tamiz de 2 mm y se agregó a cada uno solución de cloruro de potasio en concentraciones finales variables, equivalentes a un intervalo entre 0 y 240 ppm de K y se controló el pH a 4,5 con 12,0 mL de una solución buffer de citrato de sodio-ácido cítrico. El volumen total fue de 30 mL. La suspensión se agitó por 24 horas en un agitador reciproco horizontal a 170 r.p.m., se centrifugó a 6500 r.p.m. y se determinó el potasio en la fase líquida, por espectrofotometría de absorción atómica.

b. Influencia del control del pH, de la velocidad de agitación y de la presencia de amonio, sobre la adsorción.

Se realizaron isotermas en idénticas condiciones a la descrita anteriormente eliminando el uso de buffer en un caso, disminuyendo la velocidad de agitación a 100 r.p.m. en el segundo caso y adicionando sulfato de amonio en la cantidad suficiente para obtener una concentración final de 200 ppm de nitrógeno, en el tercer caso.

Isoterma de Desorción.

La fase sólida proveniente de la isoterma de adsorción de potasio se lavó con etanol hasta fin de cloruros y luego se equilibró durante 24 horas en agitador horizontal con 30,0 mL de solución de CaCl₂ 0,01 M, el sobrenadante se separó por centrifugación a 6500 r.p.m. y se le determinó la cantidad de potasio por espectrofotometría.

Se calculó la concentración de potasio en equilibrio en mmoles /L y la concentración adsorbida por diferencia con la inicial en mmoles/kg de suelo. El coeficiente de adsorción K_{ad} se obtuvo por linearización de la isoterma de Freundlich utilizando la función logarítmica:

$$\log A = \log K_{ad} + 1/n \log C$$

donde:

A = mmoles/kg de potasio adsorbido.

C = mmoles/L Concentración del potasio en el equilibrio.

K_{ad} y $1/n$ son constantes empíricas obtenidas del intercepto y la pendiente de la ecuación anterior.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 y las figuras 1, 2 y 3 muestran los resultados del comportamiento del potasio en equilibrio vs el potasio adsorbido obtenido bajo las diferentes condiciones estudiadas: efecto de la adición de buffer, agitación y presencia de NH₄⁺.

Se observa de manera general, para todas las condiciones evaluadas, que el potasio adsorbido aumenta a medida que el potasio en equilibrio se incrementa por efecto de la cantidad de potasio adicionado.

En la isoterma de adsorción de potasio, realizada en presencia de un buffer de citrato de sodio-ácido cítrico, con una velocidad de agitación de 170 rpm y en ausencia de NH₄⁺ (figura 1), se observó que las muestras de suelo a las que se adicionó concentraciones bajas de potasio inicial (inferior o igual a 80 ppm) desorben este ion, pero a partir de este valor lo empiezan a adsorber; la adición de potasio en bajas concentraciones lleva a una desorción del elemento para alcanzar el equilibrio. Este potasio desorbido solo puede provenir de la red de los minerales de tipo vermiculita que aunque en pequeña proporción están presentes en la fase sólida del suelo. Como se observa en la figura 1, el control de pH durante el tiempo de equilibrio por la adición de un buffer produjo una disminución en la adsorción de potasio por el suelo; este efecto se puede atribuir en este caso a que la concentración de sodio en el buffer ocasiona una competencia de este catión con el potasio por

los sitios de sorción del suelo, causando, por ende, una disminución en su adsorción.

El efecto de la influencia de la velocidad se muestra en la figura 2, donde se presentan las isotermas de adsorción de potasio con velocidades de agitación de 170 y 100 rpm: la adsorción disminuye con el incremento de la velocidad de agitación. Una posible explicación a este fenómeno es que si se considera que el incremento en la velocidad de agitación conlleva un aumento en la energía cinética de las partículas, es probable que se superen las fuerzas con las cuales está unido el potasio a la superficie adsorbente, y se

dificulte la adsorción adicional del potasio, lo cual no permite la formación de capas múltiples de iones, por lo tanto el final del proceso de adsorción se presenta como un máximo a concentraciones de potasio en equilibrio menores que en el caso de disminución de la velocidad de agitación durante el proceso en mención.

En el estudio de la influencia del amonio se obtuvo que el comportamiento de las isotermas en presencia y ausencia de amonio es similar. Se observó que la presencia de amonio disminuyó un poco la adsorción de potasio; este fenómeno se atribuye a la capacidad de este ion de desplazar al potasio de los

Tabla 1. Potasio en equilibrio en los ensayos de adsorción-desorción con el Oxisol de los Llanos Orientales (La Libertad).

K ADICIONADO		POTASIO EN EQUILIBRIO (mmol/L)				POTASIO DESORBIDO (mmol/L)
ppm	mmol/L	^{1,2} pH 4,5 (Buffer)	¹ pH del suelo	² Agitación 100rpm	^{1,2} NH ₄ ⁺ 200 ppm de N	CaCl ₂ 0,01M
0	0	-	0,02	0,03	-	-
35	0,90	0,96	-	-	0,99	0,12
40	1,02	1,08	0,78	0,92	1,15	0,14
45	1,15	1,20	-	-	1,27	0,15
50	1,28	1,32	-	-	1,38	0,16
80	2,05	2,00	1,70	1,82	2,05	0,23
110	2,81	2,67	-	-	2,70	0,30
120	3,07	-	2,63	3,47	-	-
140	3,58	3,36	-	-	3,46	0,33
160	4,09	-	3,47	3,59	-	-
170	4,35	4,01	-	-	4,10	0,35
200	5,12	4,83	4,52	4,37	4,85	0,40
240	6,14	5,88	5,42	5,26	5,78	0,47
280	7,16	-	6,39	6,20	-	-

¹Agitación: 170 rpm.

²pH controlado con buffer citrato-ácido cítrico.

Promedios de tres réplicas.

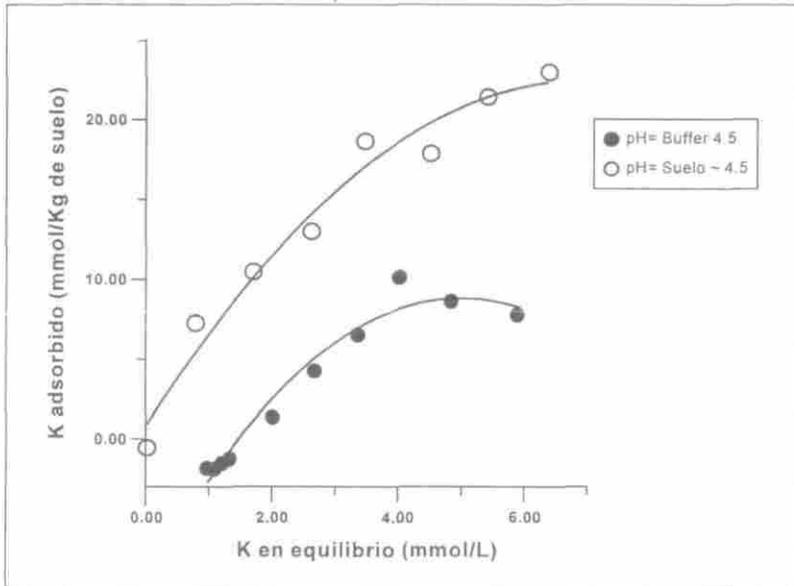


Figura 1. Efecto del control de pH sobre la adsorción de potasio por el Oxisol de los Llanos Orientales (La Libertad)

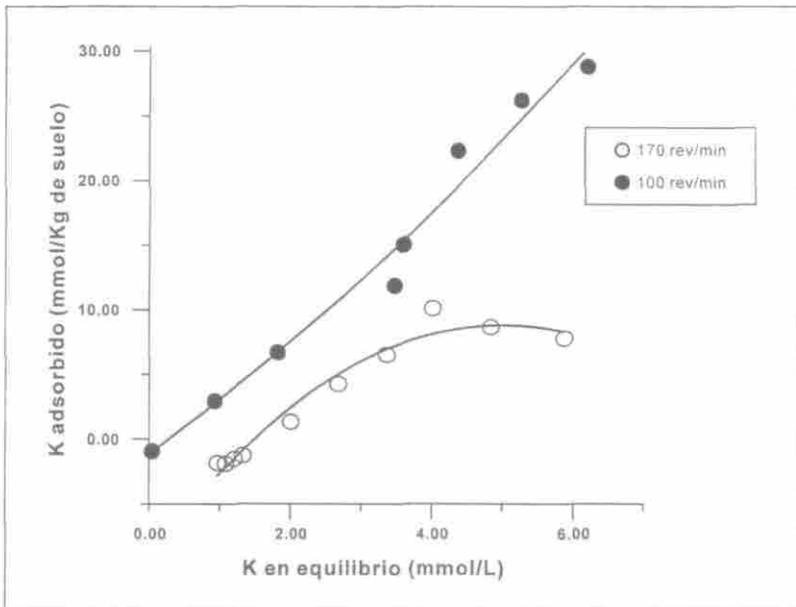


Figura 2. Efecto de la velocidad de agitación sobre la adsorción de potasio por el Oxisol de los Llanos Orientales (La Libertad)

sitios específicos de adsorción, debido a que su radio iónico (0,143 nm) es similar al del potasio (0,133 nm).

Todos los efectos se pueden evaluar comparativamente mediante las constantes empíricas obtenidas por linealización de las isothermas de Freundlich las cuales se presentan en la tabla 2. Los valores de la constante confirman las observaciones realizadas; la constante de adsorción se incrementa por efecto de la disminución de la velocidad de agitación como también por la eliminación del buffer recomendado; el efecto de la presencia de amonio en la concentración adicionada en el experimento no fue significativo sobre la constante de adsorción.

La tendencia del sistema suelo es mayor a la desorción como se puede inferir del valor de la constante de desorción presentándose el fenómeno llamado de histéresis que se comprue-

ba por la diferencia en el valor de $1/n$ entre las curvas de adsorción y desorción.

En la figura 4 elaborada por combinación de las isothermas de adsorción (general) y desorción se observa que el suelo desorbe cantidades crecientes de potasio de manera proporcional al incremento del potasio adicionado en el proceso previo de adsorción y que la cantidad de potasio desorbido es superior al potasio adsorbido. Este comportamiento se puede explicar considerando que los hidroxí sesquióxidos o la hidroxialúmina adsorbida en el espacio interlaminar de la vermiculita pueden en condiciones de baja humedad, bloquear parte de las posiciones de intercambio del mineral impidiendo la salida del potasio atrapado dentro de las láminas, ya que la vermiculita posee una capacidad de expansión creciente a medida que aumenta el contenido de agua en el suelo (11). En las

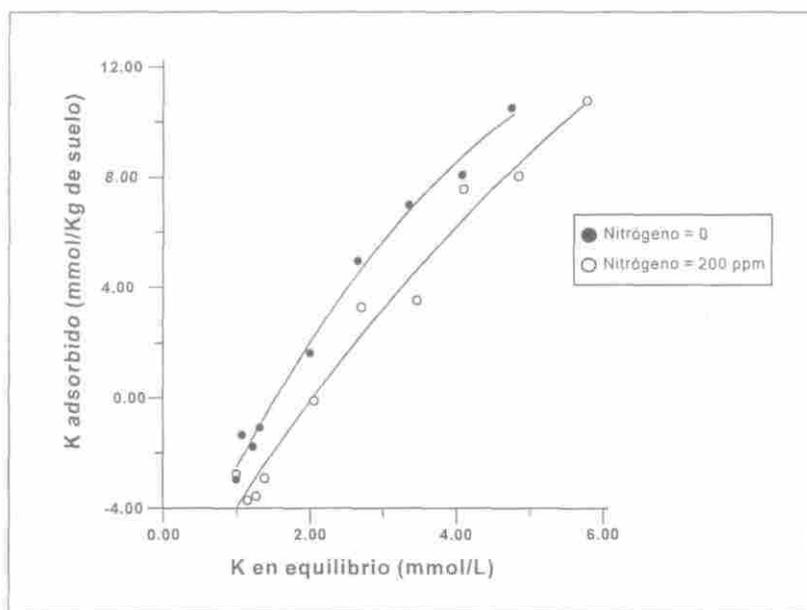


Figura 3. Efecto de la aplicación de amonio sobre la adsorción de potasio por el Oxisol de los Llanos Orientales (La Libertad)

Tabla 2. Constantes de adsorción obtenidos a partir de la aplicación de la isoterma de Freundlich.

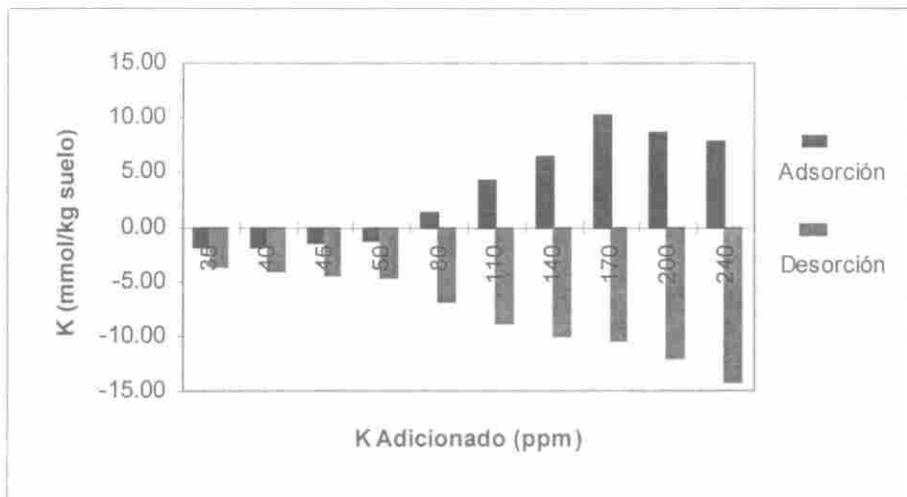
Condición	Constante de adsorción de Potasio	1/n	Coefficiente de regresión lineal
Con Buffer, 170 rpm	1,41	1,60	0,736*
pH del suelo	7,74	0,60	0,948**
Con buffer; 100 rpm	3,32	0,98	0,980**
Con NH ₄ ⁺	1,74	1,69	0,902*
Desorción	4,54	0,62	0,975**

* P<0,05 **P<0,01

condiciones del ensayo, la relación suelo agua es 1:30, por lo tanto es posible que la vermiculita se expanda totalmente, permitiendo así la salida de los grupos hidroxialúmina, los cuales a su vez permiten la salida del potasio retenido entre los espacios interlaminares; el potasio determinado en la solución de equilibrio correspondería a este potasio más el adsorbido durante el tratamiento previo.

De manera general, de acuerdo con los resultados obtenidos en las dife-

rentes isotermas se puede concluir que la presencia de un buffer de citrato de sodio y la velocidad de agitación afectan el equilibrio de sorción del potasio en condiciones de laboratorio. En la isoterma de adsorción se observó desorción de potasio a bajas concentraciones de potasio añadido e igualmente una alta tendencia a la desorción del elemento lo cual puede explicar la baja respuesta de las plantas de soya a la aplicación de la fertilización con potasio.

**Figura 4.** Adsorción-desorción de potasio por el Oxisol de los Llanos Orientales (La Libertad)

AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Agropecuaria de Colombia CORPOICA por la financiación y en cuyas instalaciones de la Granja Experimental de Tibaitatá, Mosquera (Cundinamarca) se realizó el trabajo experimental.

BIBLIOGRAFÍA

1. Shumway, J.S.; Jones, J.P. *Boron sorption isotherm: a method to estimate boron fertilizer requirement*. University of Idaho. Agricultural Experiment Station. Research paper No.196. 1972.
2. Parfitt, R.L. *Advances in agronomy*. 1978, 30, 2-6.
3. Fassbender, H.; Bornemisza, E. *Química de Suelos*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. San José, Costa Rica 1994, 327-363.
4. Bower, C.A. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 1975, 39, 594-596.
5. Gómez de Rivas, C. et al. *Suelos Ecuatoriales*. 1984, 14(1), 252-264.
6. Goulding, G. *Colloq. Int. Potash Inst. Bern*. 1987, 127-150.
7. Fallavier, P. et al. *Oléagineux*. 1989, 44(5), 197-207.
8. Mitsios, J. et al. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1994, 25(9&10), 1373-1386.
9. Elrashidi, M.A.; O'Connor, G.A. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1982, 46, 27-31.
10. Ioannou, A. et al. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1994, 25(9&10): 1355-1372.
11. Mejía, L. *Suelos Ecuatoriales*. 1982, 12, 30-58.
12. Ferrucho, A.; Guzmán, G. *Evaluación de la Disponibilidad de Potasio en un Oxisol de los Llanos Orientales de Colombia*. Trabajo de Grado, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1996.