

FORMAS Y FIJACIÓN DE POTASIO EN FLUVISOLES CALCARICOS DE LA VEGA ALTA DEL SEGURA (MURCIA).

Purificación LINARES MORENO, Luis J. ALÍAS PÉREZ, y Purificación MARÍN SANLEANDRO.

Dpto. Química Agrícola, Geología y Edafología. Facultad de Químicas. Campus de Espinardo. 30100 MURCIA.

Abstract: Soil potassium forms of fourteen calcaric Fluvisol pedons from the southern zone from the Vega of Segura (Murcia) are studied, as well as the dry and wet potassium fixation, and some correlations are established with the organic matter and clay contents, the clay mineralogical composition, and the cation exchange capacity. Soils are low in total potassium ($6.7-12.1 \text{ g kg}^{-1}$ in Ap horizons; $6.5-11.6 \text{ g kg}^{-1}$ in C horizons), being available only a small proportion (1.5-5.0% in Ap; 0.1-2.6% in C); potassium fixation is moderate, reaching values as high as 38%.

Key words: Fluvisol, potassium, illite, smectite, fixation.

Resumen: Se estudian las formas de potasio en catorce perfiles de Fluvisoles calcáricos del sector meridional de la Vega Alta del Segura (Murcia) y la fijación seca y húmeda de dicho macronutriente y se establecen algunas correlaciones con el contenido en materia orgánica y en arcilla, la composición mineralógica de esta fracción y la capacidad de cambio del suelo. Son suelos con bajo contenido en potasio total ($6.7-12.1 \text{ g kg}^{-1}$) en los horizontes Ap y ($6.5-11.6 \text{ g kg}^{-1}$) en los C, del que sólo una escasa proporción es asimilable (1.5-5.0%) en Ap y (0.1-2.6%) en los horizontes C y presentan una fijación moderada, que llega al 38%.

Palabras clave: Fluvisol, potasio, illita, esmectita, fijación.

INTRODUCCIÓN

El contenido en potasio del suelo oscila en un intervalo muy amplio ($0.05-9.50\% \text{ K}_2\text{O}$), con un valor medio de $1.68\% \text{ K}_2\text{O}$ (Heier y Billings, 1970). No obstante, aunque es importante el contenido total, lo realmente decisivo a efectos de nutrición de las plantas es la cantidad de nutriente disponible. El potasio se encuentra en el suelo en diversas formas, cuya dinámica ha merecido la atención de numerosos investigadores (Wiklander, 1954; Sharpley, 1989). Sólo

el 1-2% del potasio total es realmente disponible; una parte baja de éste (10%) se encuentra en la solución del suelo y aproximadamente el 90% en forma cambiante. Del 1-10% del potasio total está en forma lentamente disponible y se corresponde con el potasio no cambiante o potasio fijado por los minerales de la arcilla, y entre un 90-98% se encuentra en forma no disponible o reticular, como componente de los minerales primarios.

El objeto del presente trabajo es precisamente el estudio de las distintas formas del

potasio en los Fluvisoles de una parte de la Vega del Segura, así como su relación con la mineralogía del suelo y la fijación de este nutriente, ya que se trata de suelos de gran interés agrícola, sometidos a un cultivo intensivo de frutales y hortalizas en regadío, y de los que se dispone de abundantes datos analíticos.

MATERIAL Y METODOS

Los suelos estudiados son 14 perfiles de Fluvisoles calcáricos del sector meridional de la Vega Alta del Segura, cuya macromorfología y determinaciones analíticas generales figuran en Marín Sanleandro et al., 1993. Se trata de suelos franco limosos, de morfología muy sencilla, con perfil de tipo Ap-C, en el que el Ap está dividido en dos subhorizontes que descansan en una sucesión de varios horizontes o capa sedimentarias. Son muy calizos, pobres en materia orgánica y con capacidad de cambio catiónico moderada.

Las distintas formas de potasio se han de-

terminado por fotometría de llama como sigue: potasio soluble, en el extracto de saturación; potasio asimilable, mediante extracción con acetato amónico 1N a pH=7 (Pratt, 1965); potasio cambiante, potasio asimilable menos el soluble; potasio total, mediante ataque ácido, (Jackson, 1958). Para la fijación de potasio se ha seguido el método de Volk (1938), tal como lo describe Jackson (1982).

El fraccionamiento granulométrico de la tierra fina se ha realizado tras eliminación de la materia orgánica (Kunze, 1965), los carbonatos (Ostrom, 1961) y los óxidos de hierro (Mehra y Jackson, 1960).

RESULTADOS Y DISCUSION

Formas de potasio

Los suelos estudiados poseen un contenido medio en potasio total, K_t , de 9.0 g kg^{-1} en los horizontes Ap y de 8.6 g kg^{-1} en los C, tal como se refleja en la tabla 1, valores que se sitúan en el intervalo dado por Heier y Billings (1970)

Tabla 1.- Estadística descriptiva de las formas de potasio (g kg^{-1}).

Variable	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
Horizontes Ap					
K_t	9.0	1.4	9.1	6.7	12.1
$K_a \cdot 10^2$	28.4	14.7	23.7	9.8	60.7
$K_s \cdot 10^2$	0.9	1.	0.7	0.2	5.0
$K_c \cdot 10^2$	27.5	13.9	23.1	9.5	58.4
K_r	8.7	1.3	28.0	8.9	6.4
$K_a \cdot 100/K_t$	3.2	10.8	2.6	1.5	5.0
$K_s \cdot 100/K_t$	0.1	0.1	0.1	0.0	0.7
$K_r \cdot 100/K_t$	96.9	0.0	97.3	91.9	98.6
Horizontes C					
K_t	8.6	1.6	8.3	6.5	11.6
$K_a \cdot 10^2$	12.6	5.3	12.5	4.9	26.9
$K_s \cdot 10^2$	0.4	0.2	0.4	0.1	1.1
$K_c \cdot 10^2$	12.2	5.2	12.2	4.6	26.1
K_r	8.5	1.6	8.4	6.5	11.5
$K_a \cdot 100/K_t$	1.5	0.4	1.4	0.1	2.6
$K_s \cdot 100/K_t$	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
$K_r \cdot 100/K_t$	98.9	2.3	98.5	97.2	98.6

para los sedimentos arcillosos.

El bajo contenido de potasio total en nuestros suelos es algo que era de esperar, teniendo en cuenta que son muy calizos y que, aun cuando la illita sea el componente mayoritario de los filosilicatos en las fracciones finas (Linares et al., 1993a), la proporción de feldespatos alcalinos es baja y contienen además otros minerales no portadores de potasio en cantidad apreciable, como es el cuarzo y, en ocasiones, la dolomita (Linares et al., 1993b).

El contenido de potasio asimilable, K_a , presenta unos valores medios que disminuyen en profundidad y son bastante bajos, de tal manera que sólo en algunos horizontes Ap1 se supera el nivel crítico de 0.90 meq/100 g (Caro et al., 1982). El mayor contenido en K_a de los horizontes Ap frente a los C puede ser atribuido a distintos factores, tales como mayor contenido en materia orgánica y en arcilla, así como la recepción directa de los fertilizantes potásicos.

El potasio asimilable representa una proporción muy baja del total, $K_a/100/K_t$, de tal manera que, en general, casi el 98% de K_t se encuentra ocupando posiciones reticulares no accesibles a las plantas, fracción K_r , en mine-

rales tales como feldespatos alcalinos, micas e illitas (Linares et al., 1993a; Linares et al., 1993b), ya que, aun cuando las arenas contienen algún otro mineral portador de potasio, como richterita, su proporción es sumamente baja. Naturalmente, lo que aquí se designa como K_r incluye al potasio fijado.

Por diferencia entre el K_a y el K_s , se obtiene el contenido en potasio cambiante, K_c , cuyos valores lógicamente son casi coincidentes con los del potasio asimilable.

La Tabla 2 muestra la distribución del potasio en las distintas fracciones granulométricas. La arcilla y el limo fino son las fracciones con mayor contenido de potasio, de acuerdo con su composición mineralógica, potasio que debe ser fundamentalmente reticular, ya que tanto K_s como K_c han debido perderse en el proceso de preparación.

Tanto el limo grueso como las fracciones arena tienen menos potasio reticular que las anteriores, a pesar de su mayor contenido en feldespatos, porque tienen muy pocos minerales micáceos, abundantes en las fracciones finas y proporcionalmente más ricos en potasio que los feldespatos (Marín, 1992).

Tabla 2.- Estadística descriptiva de la distribución del potasio en las distintas fracciones granulométricas (%).

Variable	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
Horizontes Ap					
K arcilla	2.9	0.4	2.9	2.1	3.7
K limo fino	2.5	0.4	2.5	1.6	3.3
K limo grueso	1.3	0.2	1.4	0.9	1.7
K arena fina	1.4	0.3	1.4	0.7	2.0
K arena gruesa	1.3	0.4	1.3	0.5	2.1
Horizontes C					
K arcilla	2.9	0.4	2.8	2.1	3.6
K limo fino	2.4	0.4	2.4	1.6	3.4
K limo grueso	1.3	0.2	0.1	0.8	1.7
K arena fina	1.4	0.3	1.4	0.7	1.8
K arena gruesa	1.3	0.5	1.3	0.5	2.1

Como es característico en suelos no salinos, el contenido en potasio soluble de los suelos aluviales estudiados es muy bajo, observándose una clara tendencia a que sus valores sean mayores en los horizontes Ap, lo cual se debe sin duda a los aportes de fertilizantes potásicos.

El establecimiento de la relación entre el contenido en potasio de cambio y el de los principales constituyentes del suelo con propiedades de cambio iónico ofrece serias dificultades, ya que la fracción arcilla de nuestros suelos posee una composición mineralógica muy compleja y, si bien es posible la identificación de los minerales presentes, su estimación cuantitativa está sometida a diversos errores, como consecuencia del solapamiento de algunos efectos de difracción; además, el contenido en materia orgánica es bajo y es bien conocida su escasa afinidad por el potasio (Spencer, 1954). Por otra parte, se trata de suelos tradicionalmente dedicados al cultivo intensivo y, en consecuencia, sometidos a los efectos de la adición de fertilizantes y productos variados que pueden afectar al comportamiento de algunos constituyentes en la dinámica del potasio.

No obstante, se ha establecido la correlación entre el potasio cambiante y el contenido de silicatos laminares de la arcilla y de materia orgánica, M.O., distinguiendo entre los horizontes Ap y los C. Para los primeros, la ecuación de regresión es:

$$K_c(\text{Ap}) = 14.72 - 2.08 \text{ Sm.} - 0.07 \text{ I.} - 2.72 \text{ Cl.} + 4.00 \text{ K.} + 0.93 \text{ M.O.}$$

donde Sm=esmeclitas, I=illitas, Cl=cloritas y K=caolinita, con $p = 0.0046$ y $r = 0.7067$, si bien no es fácil de explicar atendiendo a la composición mineralógica, incluso cuando se tiene en cuenta que la mayor parte de los silicatos laminares, entre ellos las esmeclitas e illitas, son dioctáedricos y por lo tanto, deben fijar algo de potasio. La correlación es aún más significativa en los horizontes C, cuya ecuación es:

$$K_c(\text{C}) = 4.52 - 0.13 \text{ Sm.} + 0.68 \text{ I.} + 0.51 \text{ Cl.} - 0.22 \text{ K.} + 0.18 \text{ M.O.}$$

con $p = 0.0000$ y $r = 0.8935$ y explica el contenido en K_c en un 80%.

Todo lo anterior indica que en los horizontes C el contenido en M.O., por ser bajo, no afecta al de potasio cambiante, al igual que no existe relación entre éste y los de clorita y caolinita, minerales escasos y de baja capacidad de cambio, mientras que las esmeclitas pueden tener efectos contrapuestos, al comportarse en parte como fijadoras de potasio, y la correlación es buena con el contenido en illita. En efecto, si se establece la correspondiente correlación simple, resulta la ecuación:

$$K_c(\text{C}) = 4.91 + 0.67 \text{ I}$$

con $p = 0.0000$ y $r = 0.8869$, y el contenido en illita explica el 79 % de la variación de K_c .

Por el contrario, tal vez como consecuencia de las múltiples causas antes mencionadas, la correlación en los horizontes Ap es mala, como se ha señalado antes, y ocurre esto incluso cuando solamente se hace intervenir el contenido en illita, pues se encuentra la ecuación de regresión:

$$K_c(\text{Ap}) = 13.62 + 0.94 \text{ I}$$

con $p = 0.0276$ y $r = 0.3704$, es decir que tan sólo es estadísticamente significativa.

También cabe esperar que exista alguna correlación entre el K_c y la capacidad de cambio del suelo, T. Así ocurre, en efecto, pero de nuevo la correlación es mucho mejor en los horizontes C que en los Ap. Para los Ap se llega a la expresión:

$$K_c(\text{Ap}) = 5.07 + 1.79 \text{ T}$$

con $p = 0.047$ y $r = 0.4509$, y para los horizontes C:

$$K_c(\text{C}) = 4.02 + 0.85 \text{ T}$$

con $p = 0.0000$ y $r = 0.7608$. Como quiera que el término independiente de estas ecuaciones es muy parecido, pueden interpretarse en el sentido de que una misma variación de la T tiene en el K_c de los horizontes Ap un efecto doble que en los C, como si los mismos componentes del suelo se comportaran de forma muy distinta o hubiera en los horizontes Ap productos aportados por el hombre que afecten a estas relaciones; naturalmente, esto mismo significa que el complejo de cambio se encuentra más saturado en potasio en los horizontes Ap que en los C.

Fijación de potasio

Los suelos estudiados poseen una capacidad de fijación de potasio que puede calificarse de moderada a baja, como era de esperar, teniendo en cuenta que buena parte de la fracción arcilla está constituida por carbonatos alcalinotérreos y que su proporción de esmectitas es relativamente baja.

La fijación húmeda, K_{fh} , presenta valores medios del 15.1% tanto en los horizontes Ap como en los C, tabla 3, y, naturalmente, cuando la capacidad de fijación se determina tras haber sometido las muestras a una serie de alternancias humedecimiento-desección, se obtienen valores más elevados, K_{fs} , cuya media es de 36.2% en los horizontes Ap y 38.5% en los C.

Las diferencias entre los horizontes Ap y los C no son significativas ($t = 0.6201$, $p > 0.1$ para la fijación húmeda y $t = 0.6217$ con $p > 0.1$ para la seca) para ningún tipo de fijación de potasio, pero, sin embargo, cuando se trata de establecer algún tipo de correlación, los horizontes Ap muestran un comportamiento particular o anómalo, al igual que ya se ha puesto de manifiesto en otros aspectos.

La fijación seca está muy estrechamente relacionada en ambos tipos de horizontes con el contenido en arcilla, según las ecuaciones:

$$K_{fs}_{Ap} = 11.10 + 0.95 \text{ Arc. } r = 0.6510 \quad p = 0.0000$$

$$K_{fs}_C = 23.57 + 0.73 \text{ Arc. } r = 0.7382 \quad p = 0.0000$$

Por otra parte, la fijación seca se relaciona igualmente bien con el contenido en esmectitas

y con la suma de esmectitas e illitas en los horizontes C:

$$K_{fs}_C = 26.52 + 3.18 \text{ Sm. } r = 0.6708 \quad p = 0.0000$$

$$K_{fs}_C = 23.07 + 0.72 \text{ I} + 1.72 \text{ Sm. } r = 0.7212 \quad p = 0.0000$$

mientras que en los horizontes Ap la correlación sólo es bastante significativa con la suma de illita y esmectitas:

$$K_{fs}_{Ap} = 13.52 + 0.64 \text{ I} + 3.22 \text{ Sm. } r = 0.5576 \quad p = 0.0043$$

Existe, por último, una correlación muy significativa, tanto en los horizontes Ap como en los C entre los valores de la capacidad de fijación seca y húmeda, según las ecuaciones:

$$K_{fs}_{Ap} = 6.28 + 1.98 K_{fhAp} \quad r = 0.6413 \quad p = 0.0000$$

$$K_{fs}_C = 7.85 + 1.97 K_{fhC} \quad r = 0.5580 \quad p = 0.0001$$

En definitiva, los suelos del sector de la Vega Alta estudiados, aun cuando poseen una fertilidad potásica natural baja, tienen como característica favorable una capacidad de fijación de potasio que, considerando como más usual la seca, por tratarse de suelos que por su uso y condiciones climáticas están sometidos a frecuentes alternancias de humedecimiento y desecación, presenta valores relativamente bajos y está en concordancia con la composición mineralógica de su arcilla.

CONCLUSIONES

Los Fluvisoles calcáricos estudiados po-

Tabla 3.- Estadística descriptiva de la fijación de potasio (%)
húmeda (K_{fh}) y seca (K_{fs}).

Variable	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo
Horizontes Ap					
K_{fh}	15.1	4.5	14.4	7.6	24.9
K_{fs}	36.2	13.8	32.6	18.6	73.4
Horizontes C					
K_{fh}	15.8	4.0	14.1	10.6	26.8
K_{fs}	38.5	13.9	35.0	19.9	77.0

seen un contenido en potasio total bajo, de acuerdo con su composición mineralógica, y casi el 98% se encuentra en forma reticular.

La mayor parte del potasio se encuentra en las fracciones arcilla y limo fino, debido a la abundancia de illita en la arcilla y de feldespatos en el limo fino.

El potasio cambiabile presenta una buena correlación con la capacidad de cambio catiónico y el contenido en illita, siendo mejor la correlación en los horizontes C que en los Ap.

Los suelos del sector meridional de la Vega Alta del Segura tienen una fertilidad potásica natural baja y una capacidad de fijación de potasio moderada, en estrecha relación con su composición mineralógica, por lo que es recomendable llevar a cabo fertilizaciones periódicas con este macronutriente.

BIBLIOGRAFÍA

- Caro, M., German, F., Romero, M. y Santa Cruz, F. (1982). Fertilidad actual y potencial de los suelos de la Región de Murcia. Caja de Ahorros Provincial de Murcia. 47 p.
- Heier, K.S. y Billings, G.K. (1970). Potassium. En «Handbook of Geochemistry», Vol II/2, K.H. Wedepohl, ed. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg, 19-G-1.
- Jackson, M.L. (1958). Soil chemical analysis. Advanced course. Depart. of soils. Univ. of Wisconsin. Madison.
- Jackson, M.L. (1982). Análisis químico de suelos. Ed. Omega. Barcelona. 662 p.
- Kunze, G.W. (1965). Pretreatment for mineralogical studies analysis. En «Methods of Soil Analysis». Parte I. C.A. Black, ed. Amer. Soc. Agron., Inc, Madison, Wis. 573-574.
- Linares, P.; Marín Sanleandro, P. y Alfás, L.J. (1993a). Relación entre el potasio asimilable y la mineralogía de arcillas en los Fluvisoles de la Vega Alta del Segura. Bol. Soc. Esp. Min. 16, 13-20.
- Linares, P.; Marín Sanleandro, P. y Alfás, L.J. (1993b). Mineralogía de la fracción arena de suelos de la Huerta murciana. Bol. Soc. Esp. Min. 16-1, 133-134.
- Marín Sanleandro, P. (1992). Características generales y aspectos mineralógicos de la fertilidad en potasio de los suelos del sector meridional de la Vega Alta del Segura (Murcia). Tesis doctoral. Universidad de Murcia. 199 p.
- Marín Sanleandro, P.; Linares, P. y Alfás, L.J. (1993). Características macromorfológicas y analíticas generales de los Fluvisoles de la Vega Alta del Segura (Murcia); efectos de la acción antrópica. En Ortiz Silla, R., ed. Problemática geoambiental y desarrollo. 2, 479-487.
- Mehra, O.P. y Jackson, M.L. (1960). Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clay Min. Bull. 7, 317-327.
- Ostrom, M.E. (1961). The separation of clay minerals from carbonate rocks by using acids. Jour. Sed. Petr. 31, 123-129.
- Pratt, P. F. (1965). Potassium. En «Methods of Soil Analysis». Parte. 2. C.A. Black, ed. Amer. Soc. Agronomy, Inc., Madison, Wis. 1022-1030.
- Sharpley, A.N. (1989). Relation between soil potassium forms and mineralogy. Soil Sci. Soc. Am. J., 52, 1023-1028.
- Spencer, W.F. (1954). Influence of cation-exchange reactions and availability of cations in sandy soils. Soil Sci., 77, 129-136.
- Volk, N.J. (1938). The fixation of potash in difficulty available form in soils. Soil Sci., 37, 267-287.
- Wiklander, L. (1954). Forms of potassium in the soil. Potassium-Symposium. International Potash Institute, Berne. 109-121.