

RELACIONES CANTIDAD-INTENSIDAD DE POTASIO EN FLUVISOLES CALCÁRICOS DEL SECTOR MERIDIONAL DE LA VEGA ALTA DEL SEGURA (MURCIA).

PURIFICACIÓN LINARES MORENO, LUIS J. ALÍAS PÉREZ y PURA MARÍN SANLEANDRO.

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

Abstract: The quantity-intensity relationships and the potassium availability parameters deduced from them for the Ap horizons of fourteen calcaric Fluvisol profiles are studied.

The equilibrium activity ratio for potassium, AR_c^k , shows values (0.003 to 0.036 $(\text{mol L}^{-1})^{1/2}$) always higher than the minimum level necessary for soil to supply potassium for a healthy growth of plants, although the total labile potassium amount, DK_L , is rather low (0.39 to 1.80 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) and is distributed almost in equal shares between the more easily exchangeable labile potassium, DK^o , ranging from 0.158 to 1.502 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, and the specific potassium sites, DK_x (0.03 to 1.22 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). These parameters are higher in Ap1 than in Ap2, perhaps as a consequence of potassium fertilization; AR_c^k and DK^o correlate well with the available potassium forms.

Potential buffering capacity for potassium, PBC^k , changes within a wide range (16.5 to 140.3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}/(\text{mol L}^{-1})^{1/2}$), usually is lower in Ap1 than in Ap2 (44.1 and 56.8, respectively) and correlates well with the cation exchange capacity but better with clay content and its main mineralogical components.

Key words: potassium, availability, Q/I relationships, Fluvisol.

Resumen: Se estudian las relaciones cantidad-intensidad y los parámetros de disponibilidad de potasio deducidos a partir de ellas en los horizontes Ap de catorce perfiles de Fluvisoles calcáricos.

AR_c^k presenta valores (0.003 a 0.036 $(\text{mol L}^{-1})^{1/2}$) siempre mayores que el mínimo necesario para una adecuada nutrición potásica de las plantas, si bien la cantidad total de potasio lábil, DK_L , es más bien baja (0.39 a 1.80 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) y se distribuye casi por igual entre el potasio lábil más fácilmente cambiante, DK^o , de 0.158 a 1.502 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ y el potasio lábil de posiciones específicas, DK_x (0.03 a 1.22 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). Estos parámetros son más altos en Ap1 que en Ap2, probablemente como consecuencia del aporte de fertilizantes potásicos y son buenas las correlaciones entre AR_c^k e DK^o con el contenido en las formas de potasio utilizables por las plantas. Los suelos poseen una capacidad de tamponación de potasio, PBC^k , muy variable (16.5 a 140.3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}/(\text{mol L}^{-1})^{1/2}$), que suele ser mayor en Ap2 que en Ap1 (56.8 y 44.1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}/(\text{mol L}^{-1})^{1/2}$, respectivamente), se correlaciona bien con la capacidad de cambio catiónico y mejor con el contenido en arcilla y sus componentes mineralógicos principales.

Palabras clave: potasio, disponibilidad, relaciones Q/I, Fluvisol.

INTRODUCCION

La capacidad de un suelo para proporcionar a las plantas un nutriente determinado, en nuestro caso potasio, viene determinada por la cantidad de nutriente presente y por el nivel de energía a que dicho nutriente es suministrado por la fase sólida del suelo o intensidad.

A partir de los valores cantidad e intensidad puede realizarse la representación gráfica de las relaciones Q/I, estudiadas por numerosos autores (Beckett, 1964a; Le Roux y Sumner, 1968; Díez y Hernando, 1976; Bolarín, 1978; ; Madrid y G^a Pitarch, 1982; Jian Wang *et al.*, 1988, Al-Kanani *et al.*, 1991), que tienen una forma característica para cada suelo y permiten deducir una serie de parámetros que expresan el estado de potasio en el suelo: DK: factor cantidad, AR^b: factor intensidad, PBC^k: capacidad tampón para el potasio, AR^k: relación de actividades en el equilibrio, DK^o: potasio lábil, fácilmente cambiabile, DK_L: cantidad total de potasio lábil, DK_x: potasio lábil correspondiente a posiciones más específicas.

La gráfica suele ser curvada a razones de actividad bajas y recta a razones de actividad altas (Beckett, 1964b). La parte recta de la curva es un caso particular de las ecuaciones de intercambio de Gapon (1933) y describe el intercambio iónico que tiene lugar en las superficies planas de los minerales de la arcilla, mientras que la parte curva corresponde a la liberación de potasio específicamente adsorbido, posiblemente fijado en huecos hexagonales, y se adapta a la representación de las ecuaciones de las isotermas de Langmuir.

Como señalan Carpena *et al.* (1974), los suelos de la Región de Murcia son, en general, deficitarios en potasio asimilable, ya que sólo un 17.1 % supera el contenido de 1 cmol_c kg⁻¹; en las áreas de la Vega Alta y Media del Segura suelen tener contenidos superiores a 0.75 cmol_c kg⁻¹.

Son muy pocos los suelos de Murcia que han sido estudiados con detalle en cuanto al estado del potasio se refiere y su disponibilidad para las plantas, a pesar de que algunas zonas

relativamente extensas, como es la Vega del Segura, están sometidas a cultivos intensivos de los que debe intentarse obtener el mayor rendimiento posible. Alfás *et al.* (1980) estudian las relaciones entre los parámetros Q/I y otras propiedades del suelo en dos perfiles de la Vega del Segura y encuentran que la capacidad potencial de tamponamiento es más baja en la parte superior del suelo, mientras que la relación de actividad en el equilibrio y la reserva de potasio lábil fácilmente cambiabile presentan los valores más altos, lo cual sugiere una mayor disponibilidad de potasio para las plantas en los horizontes de superficie que en los de profundidad; por otra parte, la PBC^k depende fundamentalmente del contenido en arcilla y del grado de saturación del complejo de cambio en potasio.

El objetivo del presente trabajo es determinar los valores de cantidad e intensidad de potasio en los horizontes Ap de 14 perfiles de Fluvisoles calcáricos del sector meridional de la Vega Alta del Segura (Murcia) cuyas características generales se han descrito previamente en Marín *et al.* (1993), con la finalidad de establecer las oportunas relaciones Q/I y deducir de ellas los diversos parámetros que expresan el estado del potasio en el suelo, relacionando seguidamente éstos con las distintas formas de potasio y la composición mineralógica de la fracción arcilla de los suelos, aspectos de los que se ha dado cuenta en publicaciones anteriores (Linares *et al.*, 1993 y Linares *et al.*, 1995).

METODOLOGIA

Se ha seguido la técnica de Le Roux y Sumner (1968), modificada por Bolarín *et al.* (1980) en cuanto al tiempo de equilibrio se refiere.

La técnica se basa en la agitación durante 30 minutos a 20 °C de un peso determinado de suelo, tamizado a 0.5 mm, en contacto con una serie de disoluciones de concentración 0.002M en CaCl₂ y de 0 a 0.001M en KCl. Al cabo de los 30 minutos de contacto, se centrifuga durante 3

minutos a 1500 rpm y se determina en las disoluciones sobrenadantes la concentración de calcio más magnesio y las de sodio y potasio.

Los valores de ΔK , factor cantidad, y de AR^k , relación de actividades o factor intensidad, así obtenidos se llevan a una gráfica, Q/I , a partir de la cual se obtienen los distintos parámetros de disponibilidad de potasio.

RESULTADOS Y DISCUSION

Siguiendo el método descrito en el apartado correspondiente (Le Roux y Sumner, 1968), se han obtenido para los horizontes Ap de los distintos perfiles los resultados analíticos necesarios para establecer las relaciones Q/I ($\Delta K/AR^k$), a partir de las cuales se obtiene una serie de parámetros (PBC^k , AR_c^k , ΔK^0 , ΔK_L , ΔK_x) que definen el estado del potasio en el suelo, cuyos valores se dan en la Tabla 1, en la que además figura su estudio estadístico descriptivo y el coeficiente de correlación, r , entre ΔK e AR^k .

El número de puntos que determinan la porción recta de la gráfica Q/I se ha tomado seleccionando las parejas de valores de ΔK e AR^k con mejor coeficiente de correlación y se ha utilizado su ecuación de regresión para calcular matemáticamente los puntos de intersección con los ejes X e Y, que representan los valores de ΔK^0 e AR_c^k y a partir de los cuales se calcula la pendiente o parámetro PBC^k . ΔK_L se obtiene por extrapolación gráfica de la parte curva de Q/I , por lo que puede verse afectado de cierto error, ya que esta porción curva corresponde a los puntos en que las relaciones de actividades, AR^k , son más bajas, para los que se miden concentraciones muy pequeñas de potasio y, por otra parte, los intercambios de este catión a valores de AR^k muy bajos están controlados por su difusión entre las aristas de los cristalitos de arcilla (Beckett y Nafady, 1967), lo que tiende a hacer esta parte asintótica a ΔK .

La relación de actividades en el equilibrio, AR_c^k , representa el factor intensidad de potasio y es una medida del que está presente en la

disolución en equilibrio y, por lo tanto, inmediatamente disponible para las plantas. De acuerdo con sus valores, que se oscilan entre 0.003 y 0.036 (mol L^{-1})^{1/2}, con un valor medio de 0.01 (mol L^{-1})^{1/2}, tabla 1, los suelos presentan una dotación de potasio inmediatamente disponible que supera en todos los casos el límite necesario para una adecuada nutrición potásica, que Woodruff (1955) fija en 0.0027 (mol L^{-1})^{1/2}. Es muy general que los valores sean mayores en los subhorizontes Ap1 (0.01297) que en los Ap2 (0.00736) como se muestra, a título de ejemplo, en la Fig.1 (perfil 10) y alcanzan los valores más altos cuando la gráfica Q/I presenta valores de ΔK negativos en el intervalo de relación de actividades en que se ha operado, tal como en el perfil 6, Fig. 2.

Teniendo en cuenta el contenido de las distintas formas de potasio en el suelo, del que se ha dado cuenta en una publicación anterior (Linares *et al.*, 1995), es posible establecer correlaciones entre los parámetros de disponibilidad y las formas de potasio en el suelo. Como era de esperar, existe una buena correlación entre este parámetro y el contenido en potasio soluble del suelo, que viene dada por:

$$AR_c^k = 5.26 \times 10^{-3} + 5.75 \times 10^{-3} K_s$$

$$r = 0.8790 \quad p < 0.001$$

Asimismo, la relación de actividades en el equilibrio también está relacionada con el contenido en potasio de cambio, según la ecuación de regresión:

$$AR_c^k = 1.83 \times 10^{-4} + 3.81 \times 10^{-4} K_c$$

$$r = 0.7269 \quad p < 0.001$$

y, consiguientemente, con el potasio asimilable:

$$AR_c^k = 2.39 \times 10^{-5} + 3.75 \times 10^{-4} K_a$$

$$r = 0.7543 \quad p < 0.001$$

Como quiera que el contenido en potasio soluble es generalmente muy bajo y, por lo tanto, el mayor peso en estas correlaciones corre a cargo del potasio de cambio, existe también excelente correlación entre AR_c^k y el porcentaje de potasio de cambio (PPC) o saturación del complejo de cambio en este catión:

$$AR_c^k = -1.74 \times 10^{-3} + 2.18 \times 10^{-3} \text{PPC}$$

$$r = 0.9403 \quad p < 0.001$$

Tabla 1.- Parámetros de disponibilidad de potasio.

	$AR_e^k \cdot 10^2$	ΔK°	ΔK_x	ΔK_L	PBC ^k	r
1Ap1	0.690	-0.441	-1.16	-1.60	65.9	0.997
1Ap2	0.547	-0.360	-0.59	-0.95	65.8	0.996
2Ap1	0.527	-0.367	-0.43	-0.80	69.6	0.990
2Ap2	0.389	-0.546	-0.05	-0.60	140.3	0.989
3Ap1	2.337	-1.502	-0.21	-1.71	64.3	0.969
3Ap2	0.462	-0.353	-0.45	-0.80	76.4	0.994
4Ap1	0.785	-0.392	-0.80	-1.19	49.9	0.959
4Ap2	0.519	-0.324	-0.67	-0.99	62.3	0.989
6Ap1	2.360	-1.044	-0.76	-1.80	43.9	0.979
6Ap2	1.215	-0.563	-0.74	-1.30	46.3	0.992
7Ap1	1.167	-0.355	-1.14	-1.50	30.4	0.993
7Ap2	0.937	-0.363	-0.94	-1.30	38.7	0.998
8Ap1	0.404	-0.218	-0.88	-1.10	54.1	0.997
8Ap2	0.406	-0.241	-0.15	-0.39	59.4	0.999
9Ap1	3.580	-1.087	-0.03	-1.12	30.3	0.989
9Ap2	1.694	-0.474	-1.22	-1.69	28.0	0.998
10Ap1	1.550	-0.281	-0.52	-0.80	18.1	0.977
10Ap2	0.793	-0.178	-0.24	-0.42	22.4	0.984
11Ap1	1.000	-0.530	-0.15	-0.68	53.0	0.996
11Ap2	0.914	-0.459	-0.16	-0.62	50.2	0.993
12Ap1	1.692	-0.713	-0.78	-1.49	42.1	0.985
12Ap2	1.000	-0.772	-0.18	-0.95	75.4	0.971
13Ap1	1.251	-0.575	-0.83	-1.41	45.9	0.994
13Ap2	0.613	-0.368	-0.73	-1.10	60.0	0.988
14Ap1	1.175	-0.198	-0.90	-1.10	16.5	0.979
14Ap2	0.645	-0.297	-0.90	-1.20	45.9	0.983
15Ap1	0.568	-0.196	-0.25	-0.45	32.8	0.992
15Ap2	0.675	-0.158	-0.32	-0.48	24.5	0.983
Media	1.068	-0.477	-0.46	-1.06	50.4	0.988
D.S.	0.730	0.308	0.51	0.42	24.6	0.010
Mínimo	0.389	-0.158	-0.03	-0.39	16.5	0.959
Máximo	3.580	-1.502	-1.22	-1.80	140.3	0.999

ΔK° e ΔK_x : $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; AR_e^k : $(\text{mol L}^{-1})^{\frac{1}{2}}$; PBC^k: $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}/(\text{mol L}^{-1})^{\frac{1}{2}}$

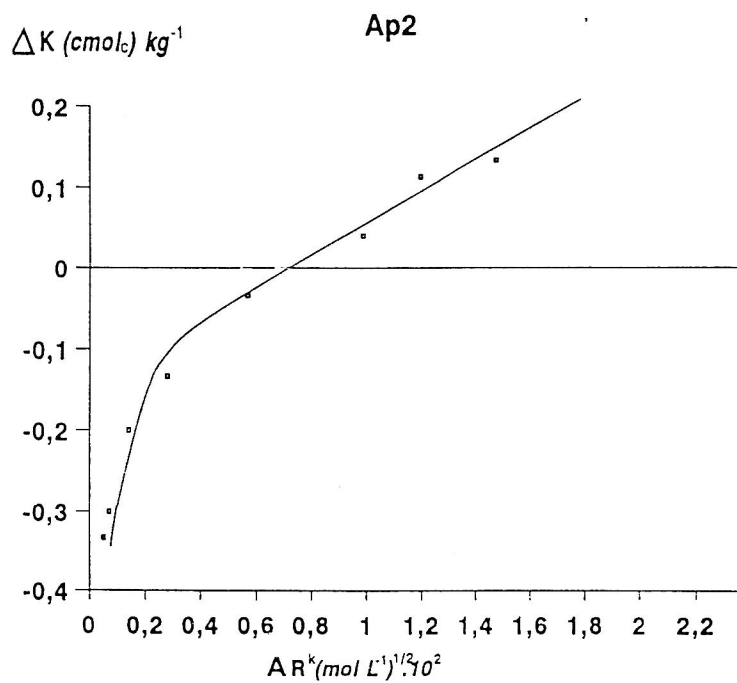
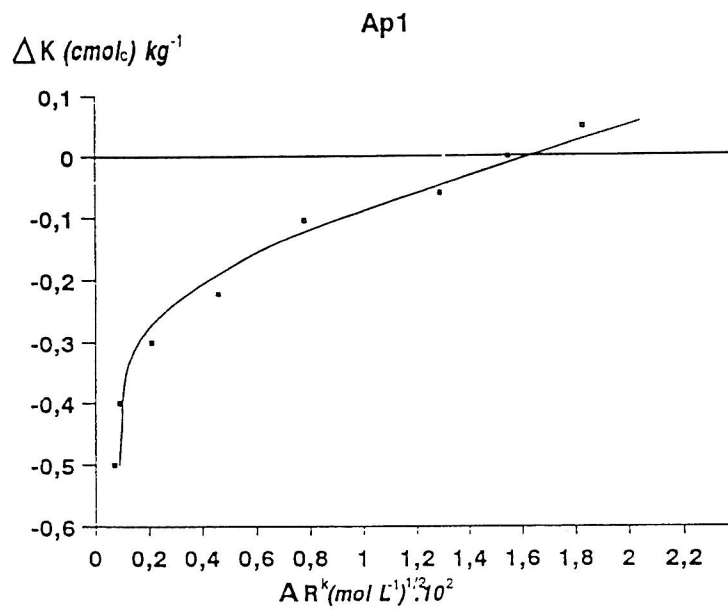


Figura 1.- Relaciones Q/I en el perfil 10.

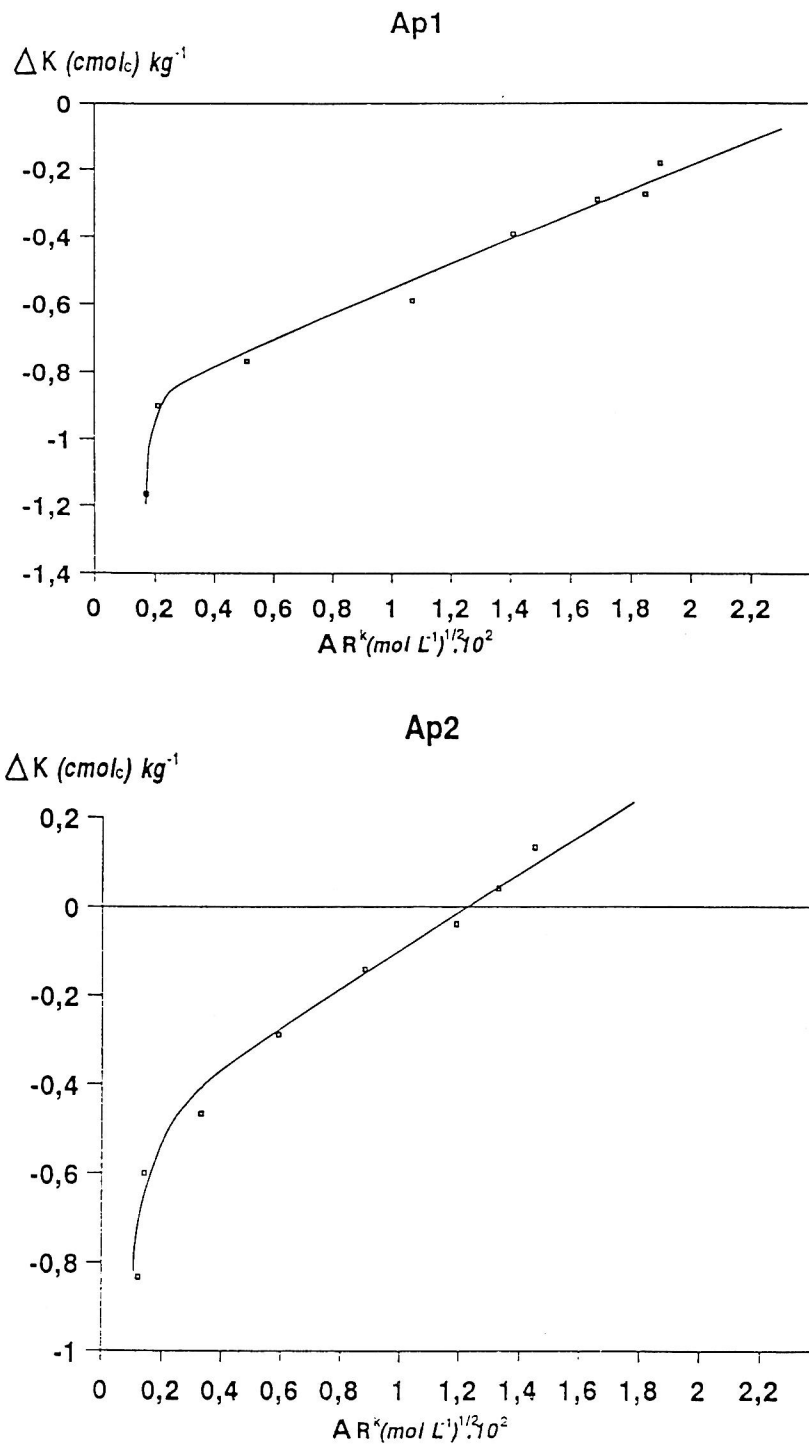


Figura 2.- Relaciones Q/I en el perfil 6.

Los valores de ΔK , que representan el factor cantidad de potasio (Q), son una reserva de potasio lábil en la fase sólida del suelo y que puede pasar fácilmente a la solución. Sus valores positivos indican que el suelo toma potasio de la disolución con la que se pone en contacto, mientras que los valores negativos significan que la capacidad potásica del suelo es superior a la concentración de potasio aportado con la disolución, por lo que tiene lugar una liberación de este catión a partir de la fase sólida. Lo general es que, en el intervalo de concentraciones utilizado, las gráficas Q/I tengan una parte con valores de ΔK positivos y otra con valores negativos, pero en el caso de los subhorizontes 3 Ap1, 6 Ap1 y 9 Ap1 los valores de ΔK resultan siempre negativos, es decir, que su potasio asimilable es superior incluso al contenido en la disolución más concentrada (0.001M); efectivamente, las muestras correspondientes presentan los valores más altos de potasio asimilable.

La reserva de potasio lábil más fácilmente cambiante, deducida a partir de ΔK^o , oscila entre 0.158 y 1.502 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, o sea que el suelo posee una reserva de potasio lábil más bien escasa y es general que resulte más baja en los Ap2 (0.369 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) frente a los Ap1 (0.535 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), seguramente como consecuencia de los fertilizantes potásicos aportados en superficie y de acuerdo con los valores más altos de potasio asimilable en los subhorizontes Ap1. En efecto, la reserva de potasio lábil más fácilmente cambiante está estrechamente relacionada con el contenido del suelo en potasio asimilable, según la ecuación:

$$\Delta K^o = 1.76 \times 10^{-1} + 1.67 \times 10^{-3} K_a$$

$$r = 0.7969 \quad p < 0.001$$

y, por su mayor aportación al potasio asimilable, también con el potasio cambiante:

$$\Delta K^o = -1.54 \times 10^{-3} + 1.74 \times 10^{-2} K_c$$

$$r = 0.7850 \quad p < 0.001$$

Estas buenas correlaciones justifican que también lo sea la existente con el porcentaje de potasio de cambio, que viene dada por la ecuación de regresión:

$$\Delta K^o = -1.03 \times 10^{-1} - 6.53 \times 10^{-2} \text{PPC}$$

$$r = 0.6700 \quad p < 0.001$$

y que haya igualmente, aunque de manera indirecta, una buena correlación con la relación de actividades en el equilibrio:

$$\Delta K^o = 1.30 \times 10^{-1} + 32.46 \text{AR}_c^k$$

$$r = 0.7687 \quad p < 0.001$$

La reserva de potasio lábil correspondiente a posiciones más específicas, ΔK_x , tiene un valor medio de 0.460 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ y varía entre 0.03 y 1.22 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, siendo general que sus valores sean más altos en Ap1 (0.63 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) que en Ap2 (0.52 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). Como ya se ha indicado, sus valores pueden estar sometidos a un error importante, sobre todo porque en algunos casos la parte curva de Q/I resulta asintótica, como puede observarse en la Fig.3 para el perfil 1.

Como consecuencia de lo anterior, la reserva de potasio lábil, ΔK_L , suma de ΔK^o e ΔK_x , presenta un valor medio de 1.06 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ y oscila entre 0.39 y 1.80 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, con valores nuevamente más altos en Ap1 que en Ap2. Los valores de este parámetro, vienen afectados, aunque en menor medida, por los mismos errores que los de ΔK_x , pero todavía existe buena correlación entre ΔK_L y el potasio asimilable y cambiante, según las ecuaciones:

$$\Delta K_L = 4.99 \times 10^{-1} + 1.96 \times 10^{-2} K_a$$

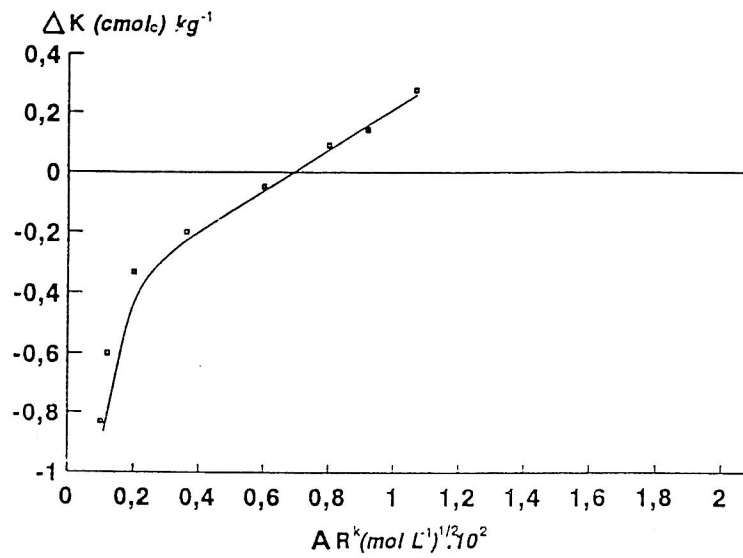
$$r = 0.6895 \quad p < 0.001$$

$$\Delta K_L = 0.48 + 2.08 \times 10^{-2} K_c$$

$$r = 0.6944 \quad p < 0.001$$

La capacidad potencial de tamponación, PBC^k , o capacidad del suelo para desplazar el equilibrio entre el potasio en la fase sólida y en la disolución hacia esta última, para mantener el nivel del macronutriente cuando disminuye su concentración en la disolución y asegurar un AR_c^k constante, presenta un valor medio de 50.4 y fluctúa entre 16.5 y 140.3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}/(\text{mol L}^{-1})^{1/2}$, mostrando una tendencia a aumentar al pasar de los subhorizontes Ap1 (44.1) a los Ap2 (56.8 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}/(\text{mol L}^{-1})^{1/2}$). Como PBC^k viene a indicar la facilidad con que el potasio pasa de la fase sólida a la disolución del suelo, este parámetro debe estar relacionado con la capacidad de cambio catiónico, T, y con el contenido en constituyentes responsables de la carga eléctrica negativa en el complejo de cambio, es decir la arcilla y la

Ap1



Ap2

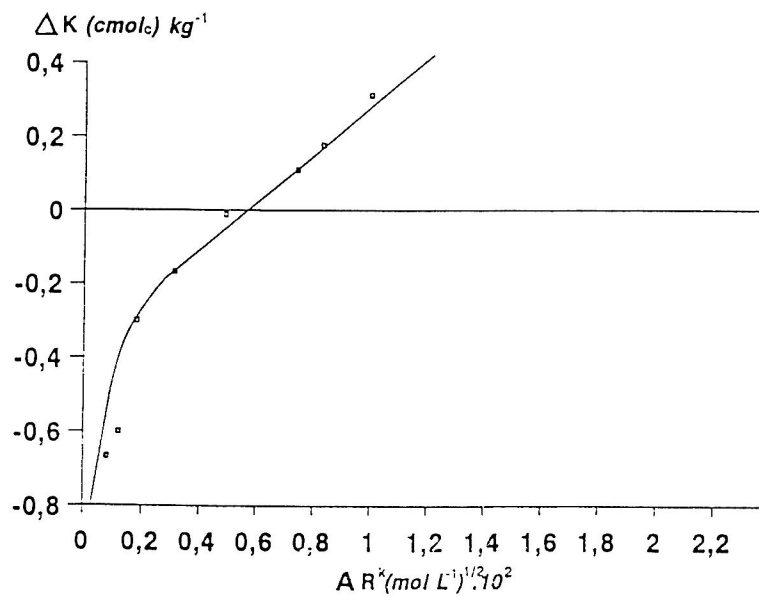


Figura 3.- Relaciones Q/I en el perfil 1.

materia orgánica. La correlación es buena con la capacidad de cambio catiónico:

$$PBC^k = -1.08 + 4.12 T$$

$$r = 0.5859 \quad p < 0.001$$

y mejor con el contenido en arcilla, según la ecuación:

$$PBC^k = -5.23 + 2.11 A$$

$$r = 0.8105 \quad p < 0.001$$

así como con el contenido en illita, componente principal de dicha fracción:

$$PBC^k = 7.36 + 2.91 I$$

$$r = 0.6509 \quad p < 0.001$$

y con el contenido en los dos grupos de minerales de la arcilla con más elevada capacidad de cambio catiónico, que en nuestros suelos son illita y esmectitas (Linares *et al.*, 1993):

$$PBC^k = -7.80 + 2.25 I + 6.09 Sm.$$

$$r = 0.7739 \quad p < 0.001$$

Sin embargo, cuando se establece la correlación con el contenido en arcilla y en materia orgánica los resultados indican, tal como se deduce de la ecuación:

$$PBC^k = -2.83 + 2.39 ARC - 6.21 M.O.$$

$$r = 0.8320 \quad p < 0.001$$

que, como ya han señalado Alías *et al.* (1980) para suelos similares, la materia orgánica no contribuye positivamente a la capacidad de tamponación, tal vez por la débil retención que dicho componente tiene por el potasio (Spencer, 1954), de tal manera que los valores de PBC^k dependen esencialmente del porcentaje de arcilla.

CONCLUSIONES

Los suelos presentan una dotación de potasio inmediatamente disponible, AR_c^k , que supera en todos los casos el límite necesario para una adecuada nutrición potásica de las plantas; sus valores son más altos en los subhorizontes Ap1 que en los Ap2 y existe una muy buena correlación ($p < 0.001$) entre AR_c^k y las formas de potasio K_s , K_a y K_c , así como con la saturación de potasio o PPC.

La reserva de potasio lábil más fácilmente cambiante, ΔK^o , es más bien escasa y menor en

Ap2 que en Ap1, posiblemente como consecuencia del aporte de fertilizantes potásicos en superficie. ΔK^o está bien relacionado ($p < 0.001$) con K_a , K_c y PPC e indirectamente con AR_c^k .

Los valores de la reserva de potasio lábil correspondiente a posiciones más específicas, ΔK_x , aunque pueden estar sometidos a cierto error, al igual que los de ΔK_L , por la forma de las curvas Q/I, son de nuevo más altos en Ap1 que en Ap2 y los de la reserva de potasio lábil, ΔK_L , guardan buena correlación con las formas de potasio K_a y K_c .

La capacidad de tamponación, PBC^k , es moderadamente alta, tiende a aumentar al pasar de los subhorizontes Ap1 a los Ap2 y se correlaciona muy bien con la capacidad de cambio catiónico y con el contenido en arcilla y en los constituyentes mayoritarios de ésta.

Las curvas Q/I y los parámetros que de ellas se derivan (AR_c^k , ΔK^o , PBC^k , ΔK_x) resultan muy útiles para conocer el estado del potasio en el suelo y complementan el conocimiento de las diversas formas de este elemento y su dinámica.

En definitiva, las graficas Q/I y los parámetros que de ellas se deducen suministran una valiosa información sobre la dinámica del potasio en el suelo y complementan las determinaciones analíticas de las diversas formas de potasio en relación con su utilización por las plantas.

BIBLIOGRAFIA

- AL-KANANI, N.N., BARTHAKUR and HUSSIEN, J. (1991). Evaluation of potassium quantity-intensity relationships in calcareous soils. *Soil Sci.* 151, n° 2: 167-173.
- ALÍAS, L.J., BOLARÍN, M.C., FERNÁNDEZ, F.G. y CARO, M. (1980). Relaciones entre los parámetros Q/I de potasio y otras propiedades del suelo en Inceptisoles del Sureste español. *An. Edaf. y Agrob.* XXXIX, n° 3-4, 635-645.
- BECKETT, P.H.T. (1964a). Studies on soil

- potassium. I. Confirmation of the ratio law: measurement of potassium potential. *J. Soil Sci.* 15, 1-8.
- BECKETT, P.H.T. (1964b). Studies on soil potassium. II. The «immediate» Q/I relations of labile potassium in the soil. *J. Soil Sci.* 15, 9-23.
- BECKETT, P.H.T. y NAFADY, M.H.M. (1967). Potassium-calcium exchange equilibria in soils: the location of non specific (Gapon) and specific exchange sites. *J. Soil Sci.* 18, 263-281.
- BOLARÍN, M.C. (1978). *Parámetros de disponibilidad de potasio en suelos calizos representativos de la provincia de Murcia*. Tesis doctoral. Univ. de Murcia.
- BOLARÍN, M.C., CARO, M., FERNÁNDEZ F.G. y ROMERO, M. (1980). Influencia del tiempo de equilibrio sobre las relaciones Q/I de potasio en suelos y arcillas. *An. Edaf. y Agrob.*, XXXIX, nº1-2, 187-202.
- CARPENA, O., FERNÁNDEZ, F.G., CARO, M. y GUILLÉN, M.G. (1974). Niveaux critique de potassium dans les sols calcaires. *Trans. of the 10th Int. Congr. of Soil Sci.* Moscú. 334-340
- DIEZ, J.A. y HERNANDO, V. (1976). Estudio comparativo de técnicas para evaluar la disponibilidad de potasio en los suelos. I. Los parámetros Q/I y el potasio cambiante. *An. Edaf. y Agrob.* XXXV, 1137-1146.
- GAPON, E.N. (1933). Theory of exchange adsorption in soils. *J. Gen. Chem.* 3, 144.
- JIANG WANG, R.E., FARRELL y SCOTT, A.D. (1988). Potentiometric determination of potassium Q/I relationships. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 657-662.
- LE ROUX, J. y SUMNER, M.E. (1968). Labile potassium in soils: factors affecting the Q/I parameters. *Soil Sci.* 106, 35-41.
- LINARES MORENO, P., MARÍN SANLEANDRO, P. y ALÍAS PÉREZ, L.J. (1993). Relación entre el potasio asimilable y la mineralogía de arcillas de los Fluvisoles de la Vega Alta del Segura. *Bol. Soc. Esp. Min.* 16, 13-20.
- LINARES MORENO, P., ALÍAS PÉREZ, L.J. y MARÍN SANLEANDRO, P. (1995). Formas y fijación de potasio en Fluvisoles calcáricos de la Vega Alta del Segura (Murcia). *Edafología*
- MADRID, R. y G^a PITARCH, A. (1982). *Intercambio iónico y relaciones Q/I en suelos*. R. Madrid (Ed.). Murcia, 157 p.
- MARÍN SANLEANDRO, P., LINARES, P. y ALÍAS, L.J. (1993). Características macromorfológicas y analíticas generales de los Fluvisoles de la Vega Alta del Segura (Murcia): efectos de la acción antrópica. *Problemática Geoambiental y desarrollo*, 479-487.
- SPENCER, W.F. (1954). Influence of cation-exchange reactions and availability of cations in sandy soils. *Soil Sci.* 77, 129-136.
- WOODRUFF, C.M. (1955). The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 19, 167-171.