

# Influencia de la fertilización potásica sobre las relaciones Q/I en el suelo pardo calizo

POR

R. MADRID y A. GARCIA PITARCH

## SUMMARY

The dynamic of potassium in soils is studied after different rates of potassium fertilizer are added to the soil. The parameters obtained from the Q/I relationship and the changeable potassium in soil are calculated ( $AR_e^k$ ,  $PBC^k$ ,  $\Delta K^o$ ,  $\Delta K_L$  and  $\Delta K_X$ ).

The influences of the quantity (Q), intensity (I) and capacity (Q/I) factors upon the equilibrium time, fertilization and the soil / solution rate are shown.

The results found in deficient potassium soils allow to understand in a better way the competition between potassium and the complementary cations as well as the potassium fertilization in these soils.

## INTRODUCCION

Para conocer el estado del potasio en el suelo y mejorar las bases en las que se fundamenta la evaluación de las dosis de fertilizantes potásicos que es conveniente añadir a cada suelo, es necesario determinar los parámetros que controlan el estado de dicho elemento: cantidad (Q) e intensidad (I) (BECKETT, 1964). Mediante su representación



gráfica se obtienen las curvas Q/I, a partir de las cuales se pueden obtener aquellos otros que controlan la dinámica del potasio en el suelo.

En la presente investigación se ha tratado con potasio un suelo pardo calizo representativo de Murcia, con el fin de corregir su deficiencia, y conocer la fertilización potásica más adecuada para tal fin. Se utilizan las técnicas Q/I (LE ROUX y SUMMER, 1968) y se comparan los resultados para el suelo tratado y sin tratar.

## MATERIAL Y METODOS

Se ha utilizado un suelo de vega pardo calizo, situado en el término municipal de Ceuti (Murcia), junto a una plantación de frutales en régimen de regadío. Se trata de un suelo fuertemente calizo, de salinidad media y textura arcillo limosa; con poder clorante muy elevado y poca materia orgánica, nitrógeno, cloruros y sulfatos. Su bajo contenido en potasio asimilable, indica claramente la deficiencia en dicho elemento. De acuerdo con la taxonomía de suelos Americana (U.S.D.A.), debe clasificarse como Vertic-Calciorthid-Arent.

El análisis de la fracción arcilla mediante difracción por rayos X y ATD, confirma la existencia de montmorillonita, illita en menor proporción e indicios de clorita (MADRID et al., 1981).

La relación  $K^+/Na^+$  en el suelo original es muy baja, 0'37, debiendo pasar a ser aproximadamente de 4, de conformidad con la composición de la fracción arcilla, según se comprobó en un trabajo anterior (MADRID et al., 1981). Para ello se somete el suelo a tratamiento con cloruro potásico a fin de alcanzar este último valor.

La técnica para obtener las curvas Q/I, a partir del suelo sin tratar y fertilizado, consiste en poner en equilibrio varias muestras del mismo suelo, con series de disoluciones que contengan cantidades diferentes de ClK y Cl<sub>2</sub>Ca.

Se ha seguido el método de Le Roux y Sumner (1968), modificando el tiempo de agitación, el cual se ha fijado en 30 minutos y 8 horas, con el fin de evitar en lo posible los fenómenos de meteorización que determinarían una modificación de los valores de potasio lábil, como consecuencia de la desorción de potasio procedente de posiciones intersticiales.

En la tabla I se muestran los valores de las concentraciones de los diversos puntos establecidos para Cl<sub>2</sub>Ca y ClK, así como los valores encontrados después de la adición y antes de proceder a conseguir el equilibrio.

TABLA I  
CONCENTRACIONES DE LAS DISOLUCIONES EQUILIBRANTES Q/I  
Y PESOS DE LAS MUESTRAS

Tubo	Peso muestra (g)	Conc. Cl <sub>2</sub> Ca (M)	Conc. ClK (M)	
			Teórica	Obtenida
a	7	0.002	0.0010	0.000987
b	7	»	0.0007	0.000719
c	7	»	0.0005	0.000513
d	7	»	0.0002	0.000199
e	4.75	»	0	0
f	1.50	»	0	0
g	0.50	»	0	0
h	0.30	»	0	0

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los coeficientes de actividad de K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> y sus relaciones de actividad  $\frac{K}{\sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}}}$ , se calculan a partir de la ecuación de Debye-Hückel; el Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> se consideran como una especie iónica única.

En la tabla II se presentan las concentraciones catiónicas de las disoluciones de equilibrio de cada una de las relaciones suelo-disolución equilibrante, para los dos períodos de tiempo considerados, correspondientes al suelo original. También se exponen los valores de ΔK (factor cantidad) y AR<sup>K</sup> (factor intensidad).

TABLA II  
RELACIONES Q/I. SUELO ORIGINAL

Tiempo de agitación		Disolución equilibrio (Mol/l)				Δ K me/100 g	AR <sup>K</sup> (Mol/l) ½
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		
8 h.	a	4.24	1.14	1.38	1.13	-0.105	0.01726
	b	4.15	1.12	1.35	0.95	-0.160	0.01465
	c	4.06	1.11	1.31	0.83	-0.220	0.01281
	d	3.94	1.09	1.28	0.64	-0.310	0.01007
	e	3.12	0.80	0.80	0.39	-0.405	0.00689
	f	2.25	0.36	0.31	0.15	-0.501	0.00320
	g	2.11	0.17	0.13	0.08	-0.765	0.00181
	h	1.99	0.13	0.10	0.06	-1.010	0.00139
½ h.	a	3.55	1.03	1.20	1.10	-0.080	0.01814
	b	3.50	1.00	1.18	0.95	-0.165	0.01577
	c	3.47	0.99	1.15	0.81	-0.210	0.01349
	d	3.42	0.98	1.13	0.64	-0.315	0.01073
	e	2.84	0.77	0.83	0.40	-0.425	0.00734
	f	2.21	0.32	0.35	0.17	-0.575	0.00367
	g	2.06	0.15	0.19	0.07	-0.670	0.00161
	h	1.96	0.11	0.15	0.04	-0.745	0.00095

La representación gráfica de los resultados obtenidos mediante la utilización de la técnica de Le Roux-Sumner se muestra en la figura 1.

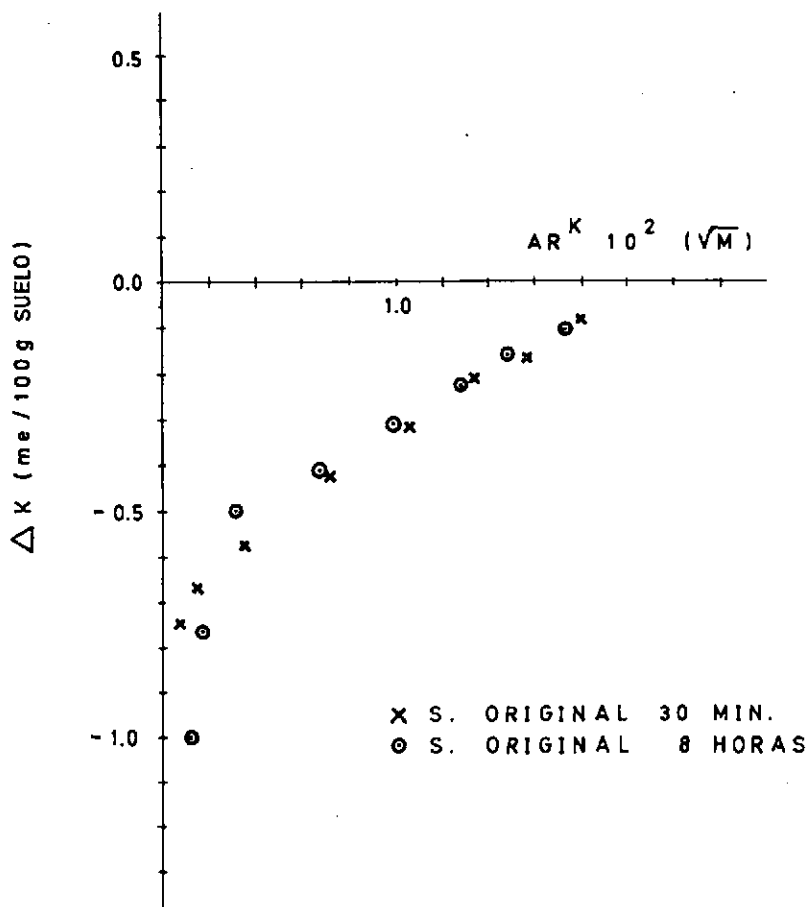


Fig. 1.—Relaciones Q/I. Suelo original.

Las curvas Q/I, obtenidas, responden a la forma general, representando ambas series de puntos una parte lineal recta en la zona correspondiente a las relaciones de actividad más elevadas, que llegan a ser coincidentes a valores altos de  $AR^K$  para los tiempos de equilibrio. En las relaciones de actividad más bajas, aparece una cierta separación.

El ajuste al modelo teórico aparece como independiente del contenido de carbonatos totales en el suelo, al margen de la influencia que la presencia de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  pueda tener sobre los parámetros individuales de las relaciones iónicas Q/I.

Para el suelo fertilizado se ha operado de forma idéntica a como se ha hecho en el suelo original. Los resultados se exponen en la tabla III y se representan gráficamente en la figura 2.

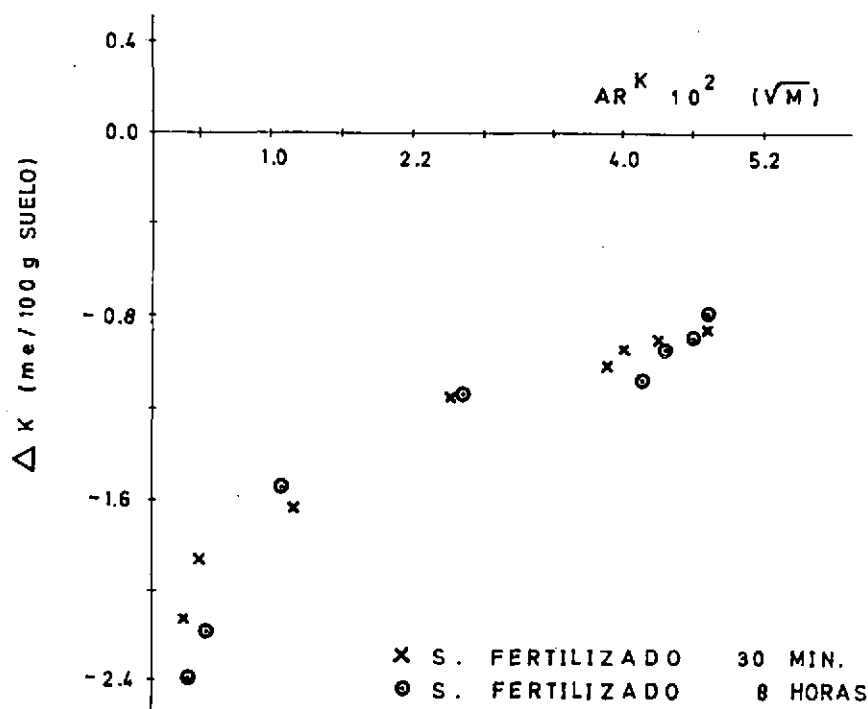


Fig. 2.—Relaciones Q/I. Suelo fertilizado.

Para el tiempo de agitación de 8 horas la porción curvada resulta más elevada que para el tiempo de agitación de 30 minutos, ya que esta zona corresponde a la vibración del potasio labil a zonas de posiciones más específicas. Para la correspondiente a los 30 minutos, no se ob-

tienen valores tan altos, pero la diferencia es tan pequeña, que ambas curvas tienen una forma muy parecida, esto es atribuible a que las relaciones Q/I dependen fundamentalmente del tipo de suelo y en menor grado del tiempo de agitación.

Los valores de  $\Delta K$  son negativos para todas las experiencias, presentando escasa variación en el suelo original y bastante acentuada en el fertilizado, esto indica que la capacidad potásica tanto del suelo original como del fertilizado, es superior a la concentración de potasio añadido a la disolución, dando lugar a una liberación de potasio a partir del suelo, una vez alcanzado el equilibrio. En el caso del suelo original, aun siendo deficiente en potasio, presenta cierta liberación en dicho elemento, debido principalmente a la presencia de ilita en la fracción arcilla.

TABLA III  
RELACIONES Q/I. SUELO FERTILIZADO

Tiempo de agitación		Disolución equilibrio (Mol/l)				$\Delta K$ me/100 g	AR <sup>K</sup> (Mol/l) ½
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		
8 h.	a	2.35	0.58	0.41	2.08	-0.780	0.04764
	b	2.17	0.55	0.41	1.95	-0.880	0.04637
	c	2.10	0.52	0.39	1.82	-0.935	0.04398
	d	1.96	0.51	0.38	1.69	-1.070	0.04215
	e	1.96	0.41	0.28	1.07	-1.130	0.02653
	f	1.92	0.23	0.16	0.46	-1.535	0.01142
	g	2.10	0.14	0.13	0.21	-2.175	0.00495
	h	1.96	0.10	0.09	0.14	-2.400	0.00341
½ h.	a	2.00	0.52	0.43	2.18	-0.850	0.04760
	b	2.00	0.51	0.42	1.99	-0.905	0.04348
	c	1.96	0.49	0.41	1.83	-0.935	0.04042
	d	1.81	0.48	0.41	1.72	-1.085	0.03924
	e	1.72	0.41	0.28	1.09	-1.145	0.02564
	f	1.81	0.25	0.20	0.52	-1.730	0.01238
	g	2.00	0.12	0.11	0.19	-1.865	0.00445
	h	1.96	0.10	0.08	0.13	-2.135	0.00308

Las curvas Q/I, para el suelo fertilizado, muestran también una forma que se acomoda con el modelo teórico, aunque los valores de los puntos obtenidos para cada relación suelo-disolución equilibrante son muy fluctuantes y tienen una correlación entre sí muy baja. Estas diferencias se deben a la alta concentración en potasio presente, lo cual hace que las variaciones en concentraciones producidas por cambios de temperatura durante el proceso, incida con mayor fuerza sobre estos valores, produciendo una dispersión en los resultados.

En la tabla IV se presentan los distintos parámetros de disponibilidad de potasio en el suelo:  $\Delta K^o$ ,  $AR_c^k$ ,  $PBC^k$  e  $\Delta K_x$ , determinados a partir de las curvas Q/I correspondientes, y los coeficientes de correlación de la porción lineal recta de las curvas.

TABLA IV  
PARAMETROS DE DISPONIBILIDAD DE POTASIO

Suelo original	$\Delta K^o$ me/100 g	$AR_c^k$ $\sqrt{\text{mol/l}}$	$PBC^k$ me/100 g / $\sqrt{\text{mol/l}}$	$\Delta K_x$ me/100 g	r
8 h.	-0.600	0.02062	29.1	-0.40	0.99
½ h.	-0.590	0.02047	28.8	-0.23	0.99
<b>Fertilizado</b>					
8 h.	-1.700	0.05750	29.8	-0.88	0.83
½ h.	-1.920	0.06640	28.8	-0.88	0.89

$\Delta K^o$ : formas lábiles de potasio fácilmente cambiabile.

$AR_c^k$ : relación de actividades en el equilibrio.

$PBC^k$ : capacidad potencial de tamponación.

$\Delta K_x$ : potasio lábil en posiciones más específicas.

Los valores de  $AR_c^k$  (potasio inmediatamente disponible) se mantienen constantes para los dos tiempos de agitación aplicados en cada experiencia. Sin embargo, el suelo fertilizado presenta unos valores  $AR_c^k$  mucho más elevados que el mismo suelo sin tratar. Este aumento en los resultados es consecuencia de la enérgica fertilización a que ha sido sometido.

El elevado contenido en potasio en el suelo fertilizado, queda también influenciado fundamentalmente por la presencia de illita y montmorillonita en la fracción arcilla, debido a su gran disponibilidad de potasio, como consecuencia de su alta densidad de carga superficial (Bolton, 1971).

Las razones de actividad de potasio en equilibrio, para el suelo fertilizado, son relativamente altas debido a que la fertilización se ha realizado en una sola etapa, a fin de alcanzar la relación  $K^+/Na^+$  deseada. De su contenido se puede deducir que el suelo tratado dispone de potasio para una suficiente nutrición de la planta (Bache, 1977).

La capacidad de tamponación del potasio,  $PBC^k$ , se puede considerar constante para los tiempos de agitación, aunque se observa que varía con la fertilización en escasa cuantía. Cuando no se mantiene constante la  $PBC^k$ , se debe a la liberación de potasio no cambiabile, utilizándose

potasio en posiciones altamente específicas, como ocurre en las arcillas ilíticas. Este descenso en el  $PBC^K$  para el suelo tratado es debido, sobre todo, al aumento de la saturación en potasio, que se crea al fertilizar el suelo con cloruro potásico. Se observa que el  $PBC^K$  aumenta al disminuir la saturación de potasio en el suelo, y en un suelo con alto contenido en arcillas ilíticas o montmorilloníticas, el cual es conocido por tener posiciones de cambio con gran preferencia para potasio, presenta una gran disminución en el  $PBC^K$  con el descenso de la saturación de potasio (Le Roux y Sumner, 1968).

En general, una capacidad de tamponación elevada indica que el nutriente está fuertemente retenido y absorbido en la fase sólida con sólo una pequeña proporción en la disolución, y, por tanto, tiene una movilidad baja. Inversamente, una capacidad de tamponación baja indica que la mayor parte del nutriente está en disolución y tiene una movilidad elevada.

Al comentar los valores de  $\Delta K_x$  debe tenerse en cuenta que se determinan por extrapolación gráfica a  $AR^K=0$ , de la parte curva de la relación  $Q/I$ , y por ello pueden estar afectados de error; de otra parte, de las relaciones de actividad más bajas han de determinarse valores muy bajos de la concentración de potasio; y los intercambios de potasio a valores de  $AR^K$  muy bajos están controlados por la difusión de potasio entre las aristas de los cristales de las arcillas (Beckett, 1971), lo que tiende a hacer la porción curvada asintótica al eje  $\Delta K$ .

A la vista de los resultados se comprende que los valores del potasio lábil de reserva en el suelo, correspondientes a posiciones más específicas ( $\Delta K_x$ ) vienen influenciadas por la fertilización potásica, haciendo que crezcan a medida que aumenta la fertilización.

El otro parámetro que nos indica la cantidad de potasio lábil fácilmente cambiante, es el  $\Delta K^o$ . Sus valores indican que hay un aumento muy significativo con la fertilización. Esto es, la adición de K a los suelos aumenta el número de posiciones de cambio o la afinidad de  $K^+$  por el suelo (Munn y McLean, 1975).

Es de destacar que se produce un aumento mayor, del orden de 4 veces, para el potasio inmediatamente disponible ( $AR_0^K$ ) respecto al potasio lábil fácilmente cambiante ( $\Delta K^o$ ). El potasio lábil en posiciones más específicas es del orden de 2 ó 3 veces mayor, cuando pasamos del suelo original al fertilizado, lo que indica que el potasio adicionado por la fertilización además de enriquecer el suelo en el contenido del nutriente, facilita la absorción del potasio por la planta poco tiempo después de la fertilización (Hernando y Díez, 1975).



## BIBLIOGRAFIA

- BACHE, B. W. (1977), *Practical implication of quantity-intensity relationships. Proceedings of the Internacional seminar on soil environment and fertility management in intensive agriculture*. Tokyo, 777-787.
- BECKETT, P. H. T. (1964), «Studies of soil potassium. II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil», *J. Soil Sci.*, 15, 10-23.
- BECKETT, P. H. T. (1971), «Potenciales potásicos. Análisis crítico», *Revista de la Potasa*, 5, 1-43.
- BOLTON, J. (1971), «Quantity-intensity relationships for labile sodium in field soils», *J. Soil Sci.*, 22, 417-429.
- HERNANDO, V. y Díez, J. A. (1975), «Efecto de la aplicación de fertilizantes potásicos sobre las relaciones Q/I», *Anal. Edafol. Agrobiol.*, XXXIV, 583-594.
- LE ROUX, J. y SUMMER, M. E. (1968), «Labile potassium in soils. I. Factors affecting the quantity (Q/I) parameters», *Soil Sci.*, 106, 35-41.
- MADRID, R.; NAVARRO, S., y LAX, A. (1981), «Desorción de cationes en arcillas del tipo 2:1 por aplicación del método de cambio iónico continuo infinitesimal», *Anal. Univ. Murcia*, XXXV, 179-193.
- MUNN, D. A. y MCLEAN, E. O. (1975), «Soil potassium relationship as indicated by solution equilibrations and plant uptake», *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 39, 1072- 1076.

