



FACTORES DE CANTIDAD, INTENSIDAD Y CAPACIDAD DE POTASIO EN 14 SUELOS DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE

POTASSIUM QUANTITY, INTENSITY AND CAPACITY IN FOURTEEN SOILS OF THE CENTRAL ZONE OF CHILE

JOSE RODRIGUEZ¹, AMELIA PEYRELONGUE², DOMINGO SUAREZ³ y HORACIO URZUA⁴

Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos⁵

SUMMARY

In 14 alluvial soils of the Chilean central zone, the parameters of intensity (AR^K), quantity ($-\Delta Ko$) and capacity (PBC^K) were used to study the supply of soil potassium.

For these determinations, in the different soils, the K absorption isotherms were established.

*The parameters, intensity, capacity and quantity were studied in relation with K absorption by rye-grass plants (*Lolium perenne*), K forms and % of clay.*

The K activity relation AR^K and labile K showed a significant correlation with total K absorption by rye-grass plants. But no relationship was found between PBC^K with K absorption and the different forms of soil K.

However, the variations of total K absorption by rye-grass, in the different soils studied or the potassium supplying power, can be explained also with the use of a single equation including both parameters, intensity (AR^K) and capacity (PBC^K).

INTRODUCCION

En un trabajo anterior, Rodríguez *et al.* (1974) estudiaron el poder de suministro de potasio de 14 suelos aluviales de la zona central de Chile. Para ello provocaron una extracción exhaustiva del potasio del suelo con plantas de ballica (*Lolium perenne*), poniendo énfasis a las relaciones entre la absorción de potasio por las plantas y las distintas formas de potasio presentes en los suelos, el porcentaje de potasio fijado y otras características de los suelos. En el presente trabajo se hace un estudio del potasio, en los mismos suelos, utilizando los parámetros de intensidad (I), cantidad (Q) y capacidad (Q/I).

El poder de un suelo para suministrar un nutriente en particular es función tanto del contenido total de ese nutriente como del nivel de energía con que éste es proporcionado. La relación entre ambos parámetros puede ser determinada mediante la relación cantidad/intensidad (Q/I), también denominada capacidad potencial tampón de K (PBC^K) por Beckett (1964).

Scheffer y Ulrich (1962) han indicado que la relación de actividad, $aK/\sqrt{aCa + Mg}$, en una solución en equilibrio con el suelo ofrece una medida de la intensidad del potasio lábil del suelo. Sin embargo, diferentes suelos que presentan una misma relación de actividad, AR^K , no tienen la misma capacidad de man-

^{1,4} Departamento de Suelos, Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Chile, Casilla 114 - D, Santiago, Chile.
² Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Carillanca, Temuco, Chile.

Fecha de recepción: 5 sept. 1974.

tenerla a medida que el potasio es absorbido por las raíces de las plantas.

Así, para estudiar la dinámica del K en el suelo no basta con determinar su intensidad inmediata (o potencial inmediato del potasio en el pool lábil) sino que es necesario describir la relación cantidad/intensidad (Q/I). Esto se logra produciendo variaciones de la intensidad de potasio al equilibrar el suelo

con soluciones con concentraciones variables de potasio (I); en la práctica, el valor absoluto de Q no se mide y sólo se determina el cambio relativo de la cantidad de potasio inicial en la solución ($\pm \Delta K$). Al graficar los valores obtenidos se puede construir una curva que describe la relación Q/I como se muestra en la figura 1.

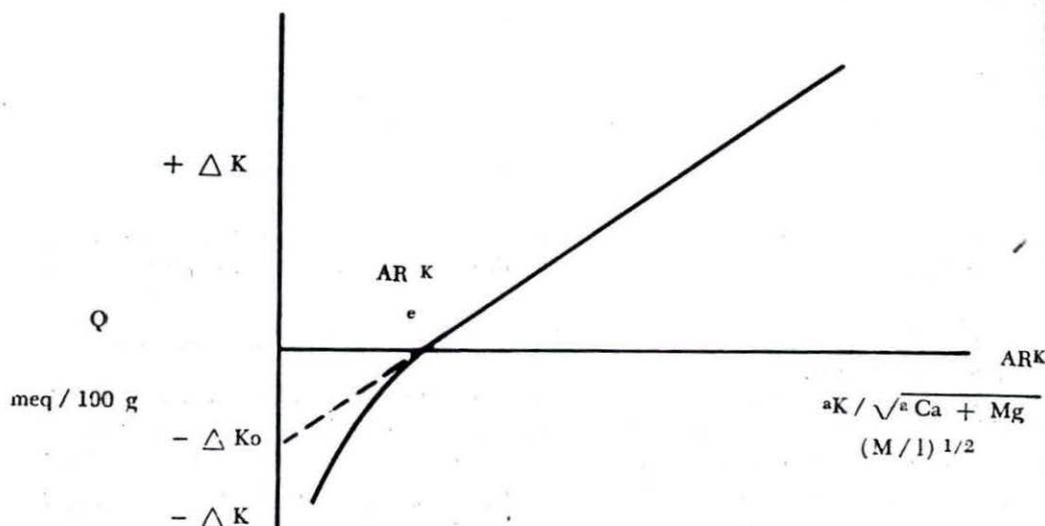


FIG. 1

Curva característica de la relación Q/I

Characteristic curve of the Q/I relationship.

La parte superior lineal de la curva representaría el comportamiento del intercambio de K y $(Ca + Mg)$ en lugares que no exhiben una marcada afinidad preferencial por el K (Beckett *et al.*, 1966) y la parte inferior de la curva se debería a los lugares específicos de alta energía.

La pendiente de la parte lineal correspondería a la capacidad potencial tampón de K (PBC^K) y sería una medida de la capacidad del suelo para mantener la AR^K .

La intercepción de la curva con el eje- AR^K da el valor de AR^K en las condiciones naturales de equilibrio del suelo (AR^K) y la extrapolación de la parte lineal de la curva a $AR^K = 0$ indica la cantidad de K lábil (ΔK) del suelo.

Acquaye y Mc Lean (1966) y Le Roux y Sumner (1968) encontraron que la AR^K estaba relacionada con el K soluble e intercambiable

y con el porcentaje de saturación de K. Por otra parte, los valores del PBC^K se encontraban relacionados con el contenido de arcilla y el grado de fijación de K.

Sin embargo, Acquaye *et al.* (1967) en suelos de Ghana, Nash (1971), Barrow (1966) y Zandstra y Mac Kenzie (1968) indican que los parámetros AR^K y PBC^K por sí solos no son un índice satisfactorio de la disponibilidad de K en los suelos, aunque Barrow (1966) obtuvo buenos resultados cuando usó una regresión múltiple que consideró ambos parámetros.

Zandstra y Mac Kenzie (1968) obtuvieron un nuevo parámetro al que denominan "K potencial", el cual presentó una alta correlación con la absorción de K por las plantas. Este parámetro resulta de la multiplicación del valor $-\Delta K$ por el PBC^K .

Finalmente, Beckett *et al.* (1966) han confirmado que el PBC^K no varía con una extracción exhaustiva de K por los cultivos o con el pH y otras características del suelo.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el suministro de K de suelos de la Zona Central utilizando los parámetros de intensidad, cantidad y capacidad y correlacionar estos parámetros con la absorción de K por plantas de ballica y con diversas características de los suelos.

MATERIAL Y METODO

Los procedimientos para el experimento de invernadero del estudio de absorción de K por plantas de ballica, las formas de K y las características de los suelos fueron descritos previamente por Rodríguez *et al.* (1974).

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CANTIDAD (Q), INTENSIDAD (I) Y CAPACIDAD (Q/I)

Se utilizó el método descrito por Acquaye y Mac Lean (1965). A 5 g de suelo se agregaron alícuotas de 50 ml de soluciones de cloruro de calcio 0,002 M, que contenían 0, 0,25, 0,50, 0,75 y 1,0 meq de K en forma de cloruro de K; las muestras fueron agitadas a 25°C durante 15 horas para ser finalmente centrifugadas y filtradas. En los filtrados se analizó el contenido de calcio y magnesio mediante titulación con versenato, y el potasio por fotometría de llama.

Para cada suspensión se calculó la cantidad de K que el suelo ganó o perdió al alcanzar el equilibrio con la solución final ($\pm \Delta K$, en meq/100 g de suelo) a partir de las diferencias entre las concentraciones de K iniciales y finales, en la solución.

La AR^K (la relación de actividad en equilibrio para cada valor de ΔK) se calculó a partir de la composición de los filtrados y el coeficiente de actividad se derivó mediante la primera aproximación de Debye-Hückel.

Las isotermas de absorción de K de los distintos suelos se establecieron en base a los valores de $\pm \Delta K$ y sus AR^K correspondientes.

La intercepción de la parte lineal de la curva en $\Delta K = 0$ permitió establecer los valores de AR^K (I) y la extrapolación de la parte lineal de la curva, los valores de $-\Delta K$ (Q).

Los valores del PBC^K , (Q/I), de los distintos suelos se determinaron a partir del cociente de los valores $-\Delta K$ y AR^K , correspondientes.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron correlaciones simples lineales entre los parámetros $-\Delta K$, AR^K y PBC^K y la absorción de K por plantas de ballica, formas de K y características de los suelos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las curvas de equilibrio de algunos suelos se presentan en la figura 2 y su forma es similar a aquellas mostradas por Beckett (1964), Acquaye y Mac Lean (1966), Le Roux y Sumner (1968), Barrow (1968) y Zandstra y Mac Kenzie (1971). Al igual que en los trabajos señalados anteriormente, aparece una parte no lineal que se debería, según indica Beckett (1964), a una pequeña liberación de K, posiblemente retenido en los espacios hexagonales que quedan entre las láminas de los minerales de arcilla.

En el cuadro 1 aparecen los valores de la relación de actividad (AR^K), potasio lábil ($-\Delta K$), capacidad potencial tampón de K (PBC^K), formas de K y la absorción de K por plantas de ballica.

Los contenidos de potasio lábil ($-\Delta K$) van de 0,07 meq/100 g para el suelo Chépica a 0,71 meq/100 g para el suelo San Vicente que posee uno de los valores más altos de K de intercambio.

En el cuadro 2 se presentan los coeficientes de correlación lineal simple entre los parámetros de potasio lábil, relación de actividad de K, capacidad potencial tampón de K y absorción de K por plantas de ballica, formas de K y porcentaje de arcilla.

El valor $-\Delta K$ representa la parte del K lábil que está localizado en las superficies planas de las arcillas (Beckett *et al.*, 1966) y está estrechamente ligado con el potasio de intercambio en este tipo de experimentos de corta duración ($r = 0.94^*$). La cantidad actual de K (AR^K) es siempre menor que el K

* La significancia estadística de esta correlación y las siguientes que aparecen en el texto, se indican en el cuadro 2.

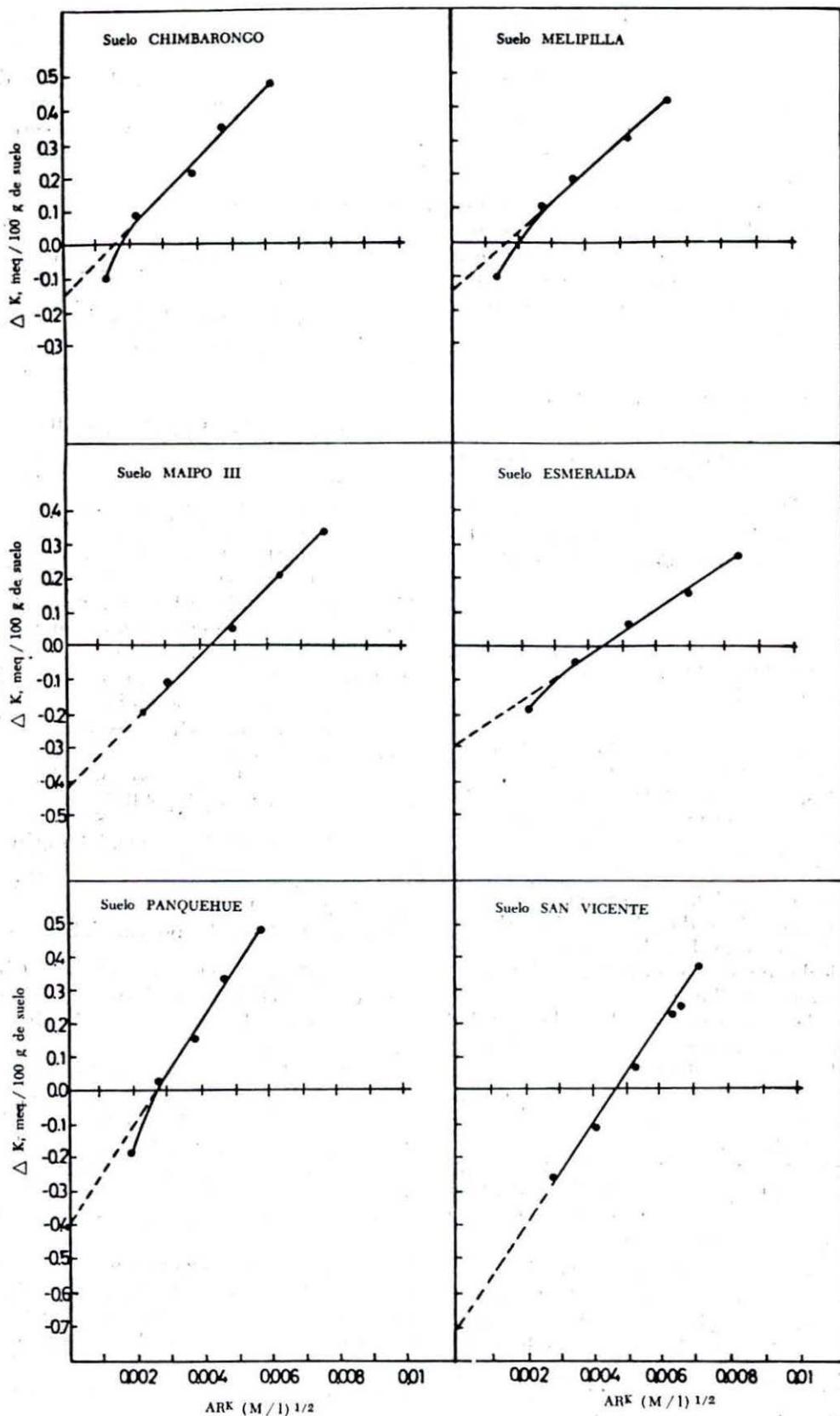


FIG. 2. Relaciones Q/I en algunos suelos de la Zona Central.

Q/I relationships in some Central Zone soils.

CUADRO 1

ABSORCION DE K POR PLANTAS DE BALLICA, FORMAS DE K,
 AR^k , $-\Delta K$ Y PBC^k

RYE-GRASS PLANTS POTASSIUM ABSORPTION, K FORMS,
 AR^k , $-\Delta K_o$ AND PBC^k

	Absorción de K en g	K intercambiable meq/100 g	K extractable en HNO ₃ meq/100 g	$-\Delta K_o$ meq/100 g	AR^k (m/l) ^{1/2}	PBC^k (meq/100 g) / (m/l) ^{1/2}
Los Andes	94,42	0,83	1,00	0,470	0,00256	184
San Felipe	35,11	0,30	0,65	0,120	0,00082	146
Muyo I	49,18	0,51	0,76	0,185	0,00263	70
Muyo II	59,43	0,69	1,67	0,355	0,00385	92
Muyo III	81,82	0,78	0,85	0,420	0,00425	99
Arca del Gato	94,00	1,52	1,48	0,670	0,00655	102
Mirapilla	21,02	0,47	0,04	0,135	0,00155	87
Santiago	76,71	0,70	1,11	0,435	0,00512	85
San Vicente	113,37	1,24	1,84	0,710	0,00485	146
Chépica	10,66	0,18	0,48	0,073	0,00045	162
Chambarongo	24,47	0,32	0,76	0,153	0,00143	108
Punquehue	83,04	0,89	1,21	0,405	0,00260	158
Codigua	58,42	0,82	1,95	0,490	0,00620	79
Cameros	81,92	0,68	0,92	0,400	0,00470	85
Esmeralda	49,75	0,51	1,36	0,300	0,00440	68
Teno	31,16	0,47	0,40	0,140	0,00120	117

CUADRO 2

COEFICIENTES DE CORRELACION SIMPLE ENTRE AR^k , $-\Delta K$ Y PBC^k ,
 Y ABSORCION DE K POR PLANTAS DE BALLICA,
 FORMAS DE K Y PORCENTAJE DE ARCILLA

SIMPLE CORRELATION COEFFICIENTS BETWEEN AR^k , $-\Delta K_o$, AND PBC^k ,
 RYE-GRASS K ABSORPTION, K FORMS AND PERCENTAGE OF CLAY

Parámetro	Absorción total de K	Absorción de K intercambiable	Absorción de K no intercambiable	K intercambiable	K extractable en HNO ₃	K fijado	% saturación de K	% arcilla
AR^k	0,71 b	0,75 b	0,11	0,76 b	0,78 c	0,60 a	0,81 c	0,17
$-\Delta K$	0,93 c	0,94 c	0,10	0,94 c	0,79 c	0,86 c	0,70 b	0,05
PBC^k	0,14	0,06	0,15	0,03	0,11	0,22	0,41	0,47

a Significativo al 5%.
 b Significativo al 1%.
 c Significativo al 10/100.

de intercambio, pero parecería que representa un porcentaje constante (60-70%) de éste. El contenido de potasio de intercambio es la suma del $-\Delta K$ y el K de los lugares en que

se encuentra retenido con alta energía (Beckett, 1964). Esto indicaría que el número de lugares con alta energía de retención de K es una función del K de intercambio más que una característica del suelo.

La relación entre potasio lábil y absorción total de K por las plantas de ballica es ligeramente superior a la que existe entre potasio de intercambio y absorción total de K ($r = 0,92$) y también a la que se observa entre la relación de actividad de K y absorción total ($r = 0,70$), lo que coincide con otros trabajos (Beckett, 1964; Nash, 1971). Como indican Le Roux y Sumner (1968), esto permite concluir que los valores de $-\Delta K$ proporcionan una medida más adecuada del pool de potasio lábil presente en el suelo, que lo concebido originalmente por Beckett (1964).

La relación de actividad, AR^K , es una medida del potasio inmediatamente disponible en el suelo. Es una medida de intensidad y no tiene relación con la capacidad del suelo para suministrar potasio durante un período prolongado de tiempo. Woodruff (1955) ha señalado que este valor debe encontrarse entre 0,0027 y 0,034 para obtener una nutrición potásica equilibrada. En los suelos estudiados, sólo los suelos San Felipe, Melipilla, Chépica, Chimbarongo y Teno presentan valores inferiores.

Los valores de la relación de actividad de K varían entre 0,00045 $(m/l)^{1/2}$ en el suelo Chépica y 0,00655 $(m/l)^{1/2}$ en el suelo Agua del Gato. Cabe señalar que estos suelos corresponden a aquellos de menor y mayor contenido de K de intercambio, respectivamente. Esto se manifiesta claramente al observar los coeficientes de correlación entre la relación de actividad de K y el K de intercambio ($r = 0,76$). Existe, además, una correlación entre la absorción total de K por las plantas y la relación de actividad de K ($r = 0,71$), pero ésta es menor a la que se observa con el potasio de intercambio ($r = 0,86$). El potasio de intercambio sería, por lo tanto, un mejor índice de la disponibilidad de K para las plantas que el factor intensidad AR^K y dada la alta correlación obtenida, también, con el potasio lábil ($-\Delta K$) no se observa

ninguna ventaja, sobre el potasio de intercambio, en el uso de estos parámetros por sí solos.

La pendiente $\Delta Q/\Delta I$ mide la cantidad de K lábil que puede ser removido antes que la AR^K disminuya una determinada cantidad y representa la capacidad potencial también de K de los suelos. El suelo Los Andes presenta la capacidad potencial tampón (PBC^K) más alta de los suelos estudiados, 184 $(meq/100\ g) / (m/l)^{1/2}$, y el suelo Esmeralda la más baja, 68 $(meq/100\ g) / (m/l)^{1/2}$. En general, el PBC^K de los suelos estudiados es más alto que el indicado por otros investigadores como Barrow (1968), Talibudeen y Dey (1968), Acquaye y Mc Lean (1966) y Beckett (1964), pero similar al señalado por Zandstra y Mac Kenzie (1968).

La capacidad de estos suelos de mantener una determinada AR^K al ser removido el K (PBC^K) no mostró una correlación significativa con la absorción total de K por las plantas de ballica, lo que coincide con los resultados de Zandstra y Mac Kenzie (1968) y de Nash (1971). Por otra parte, Acquaye y Mac Lean (1966) encontraron una correlación significativa con el K absorbido de las formas no intercambiables.

Los valores de PBC^K tampoco presentaron una correlación significativa con los contenidos de arcilla y el K fijado como se observa en los trabajos de Nash (1971) y Acquaye y Mac Lean (1966). Sin embargo, Acquaye, Mac Lean y Rice (1967) señalan que las correlaciones significativas entre el PBC^K y el K absorbido de las formas no intercambiables, porcentaje de arcilla y K fijado apoyarían el uso del PBC^K como una medida de la capacidad del suelo de mantener el potencial de K, ya que, de este modo, tomaría en consideración la reserva potásica del suelo. Posiblemente, la falta de correlación encontrada en este trabajo y en otros, Zandstra y Mac Kenzie (1968), y Acquaye y Mac Lean (1966), se debe a las distintas características mineralógicas de los suelos estudiados en los diferentes trabajos.

De acuerdo a estos resultados tampoco el PBC^K , por sí solo, sería un índice de la disponibilidad del K en estos suelos. Sin embargo, si se considera en conjunto la relación de actividad AR^K (factor intensidad) y el PBC^K (factor capacidad) es posible explicar el distinto poder de suministro de K de los suelos estudiados.

El suelo Melipilla presenta un valor de

asio de intere de 0,00155 (m/l)^{1/2} y el suelo San Felipe
etros por sí so 0,00082 (m/l)^{1/2}. A pesar de esta diferen-
e la cantidad la absorción total de potasio es alrededor
ido antes que un 40% superior en este último suelo, lo
nada cantidad se explica claramente por la mayor capaci-
ncial tampón de K del suelo San
Andes prese pe.

on (PBC^K) la utilidad del análisis conjunto de ambos
184 (meq/ metros también se observa en los suelos
neralda la po I y Panquehue (figura 3). Ambos
)^{1/2}. En gene os poseen una relación de actividad de
dos es más 26 (m/l)^{1/2} y la absorción total de K es
stigadores co 29,18 mg en el suelo Maipo y de 83,04 mg
y Dey (196 el Panquehue. Esta diferencia de absor-
Beckett (196 puede explicarse por los valores de
Zandstra y C^K, o sea, la capacidad del suelo para
ntener la relación de actividad AR^K en el

s de mante mer suelo es de 70 (meq/100 g) / (m/l)^{1/2}
removido el el segundo de 156 (meq/100 g) / (m/l)^{1/2}.
ación signific en el segundo de 156 (meq/100 g) / (m/l)^{1/2}.
5 por las pla para determinar la medida en que los pa-
con los res metros AR^K y PBC^K explican la extracción
e (1968) v al de K por las plantas de ballica (o poder
cquaye y M suministro de K) en los suelos estudiados,
relación s realizó un análisis de correlación múltiple.
las formas ecuación de regresión obtenida fue la si-
gente:

o presentar y = 14,26 + 0,127 x₁ + 0,659 x₂

los conte no se obser y Acquave

nde:

y = absorción total de K

x₁ = AR^K

x₂ = log PBC^K

El coeficiente de correlación múltiple fue
ía en cons R² = 0,79 siendo ligeramente inferior al
suelo. Pos encontrado por Barrow (1968). Al considerar
encontrados dos parámetros en conjunto se observa
lstra y Ma ue los suelos Chimbarongo y Tenó tendrían
Mac Lea poder de suministro de K más bajo, segui-
racterístic o de los suelos Chépica, San Felipe y Meli-
diados en lilla. El resto de los suelos, en especial los
suelos San Vicente y Agua del Gato, tendrían

tampoco e de la dis Sin embar relación d y el PBC

licar el dis e los suelo

un alto poder de suministro de este elemento.

Si se considera que la correlación entre la extracción total de K y el K de intercambio encontrado en estos mismos suelos fue de r = 0,86 (Rodríguez *et al.*, 1974) no se observa una ventaja en la utilización de los parámetros anteriormente señalados para determinar el poder de suministro de K en los suelos estudiados.

CONCLUSIONES

1. La relación de actividad de K (AR^K) y el potasio lábil (-ΔK) de los distintos suelos presentaron una correlación significativa con la absorción de K por las plantas y a su vez con el K de intercambio y, por lo tanto, no muestran ninguna ventaja sobre esta última medición.

2. La capacidad potencial tampón de K (PBC^K) no presentó relación con la absorción de K por las plantas, el K absorbido de las formas no intercambiables, el K fijado, ni el porcentaje de arcilla. El PBC^K, por lo tanto, no sería un índice adecuado del poder de suministro de K en los suelos estudiados.

3. Las variaciones de absorción total de K en los distintos suelos, o sea, su poder de suministro de K, se explica con la utilización en conjunto del factor intensidad (AR^K) y el factor capacidad (PBC^K).

4. En base al uso conjunto de los factores de intensidad y capacidad, los suelos Chimbarongo y Tenó tendrían el poder de suministro de K más bajo, seguidos de los suelos Chépica, San Felipe y Melipilla. El resto de los suelos, en especial los suelos San Vicente y Agua del Gato tendrían un alto poder de suministro de este elemento.

5. Tanto la utilización conjunta de los parámetros AR^K y PBC^K como el K de intercambio explican satisfactoriamente el poder de suministro de K en los suelos estudiados.

RESUMEN

En 14 suelos de la Zona Central se utilizaron los parámetros de intensidad (AR^K), cantidad (-ΔK) y capacidad (PBC^K) para estudiar el poder de su-

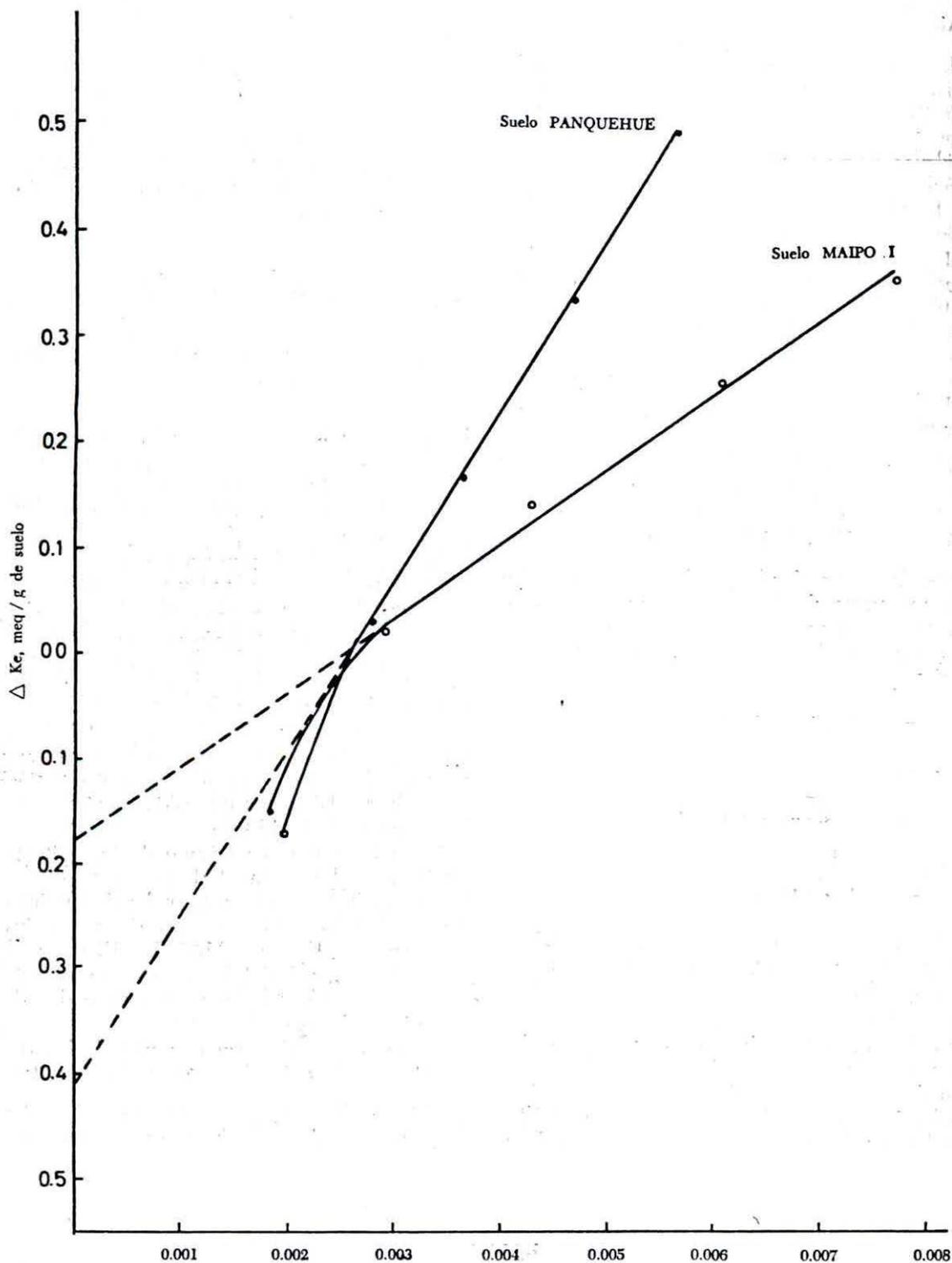


FIG. 3

Relaciones Q/I de los suelos PANQUEHUE y MAIPO I.

Q/I relationships in Panquehue and Maipo I soils.

Para su determinación se establecieron las isothermas de adsorción de K de los diferentes suelos.

Los parámetros de intensidad, cantidad y capacidad se relacionaron con la absorción de K por plantas de ballica (*Lolium perenne*), formas de K y porcentaje de arcilla.

La relación de actividad de K (AR^K) y el potasio lábil ($-\Delta K$) mostraron una correlación significativa con la absorción total de K por plantas de ballica y, a su vez, con el K de intercambio. Por otra parte, PBC^K no presentó correlaciones con la absorción de K y con las formas de K.

Las variaciones de la absorción total de K por plantas de ballica en los distintos suelos, o sea, su poder de suministro de K, pueden explicarse con la utilización en conjunto del factor intensidad (AR^K) y el factor capacidad (PBC^K).

LITERATURA CITADA

- ACQUAYE, D. K.; A. S. MC LEAN y M. RICE, 1967. Potential and capacity of K in some representative soils of Ghana. *Soil Sci.* 103: 78-79.
- ACQUAYE, D. K. y A. S. MC LEAN, 1966. Potassium potential of some selected soils. *Canadian Journal of Soil Sci.* 46: 177-185.
- BARROW, N. J. 1966. Nutrient potential and capacity. II. Relationships between potassium potential and buffering capacity and the supply of potassium to plants. *Aust. Jour. of Agric. Res.* 17: 84-61.
- BECKETT, P. H. J., 1964. Studies on soil potassium. II. The "immediate" Q/I relations of labile potassium in the soils. *Jour. Soil Sci.* 15: 10-23.
- BECKETT, P. H. J., 1964. Potassium-calcium exchange equilibria in soils: Specific absorption for potassium. *Soil Sci.* 97: 376-383.
- BECKETT, P. H. J.; J. B. CRAIF; M. H. M. NAGADY y J. P. WATSON, 1966. Studies on soil potassium. V. The stability of Q/I relations. *Plant and Soil.* 25: 435-455.
- LE ROUX, I. y M. E. SUMNER, 1968. Labile potassium in soils. II. Effect of fertilization and nutrient uptake on the potassium status of soils. *Soil Sci.* 106: 331-337.
- MOSS, P. y P. H. T. BECKETT, 1971. Sources of error in the determination of soil potassium activity ratios by the Q/I procedure. *Soil Sci.* 22: 514-536.
- NASH, V. E., 1971. Potassium release characteristics of some soils of the Mississippi Coastal plain as revealed by various extracting agents. *Soil Sci.* 111: 313-317.
- RODRÍGUEZ, J.; AMELIA PEYRELONGUE, DOMINGO SUÁREZ, HORACIO URZÚA, 1974. Poder de suministro de potasio en suelos de la zona central de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, Vol. 1, N° 1: 47-54.
- SCHEFFER, F. y ULRICH, B., 1962. Considerations regarding the availability to plants of soil potassium. *Potash Rev.*, oct. 1962.
- TALIBUDEEN, O. y S. K. DEY, 1968. Potassium reserves in British Soils. I. The Rothamsted classical experiments. *J. Agric. Sci. Camb.* 71: 95-104.
- TALIBUDEEN, O. y S. K. DEY, 1968. Potassium reserves in British Soils. II. Soils from different parent materials. *J. Agric. Sci. Camb.* 71: 405-411.
- ZANDSTRA, H. G. y A. F. MAC KENZIE, 1968. Potassium exchange equilibria and yield responses of oats, barley and corn on selected Quebec Soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 76-79.
- WOODRUFF, C. M., 1955. The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19: 167-171.

