

**FRACCIONES DE POTASIO Y CONDICIONES DE EQUILIBRIO
EN SUELOS DE LA LLANURA PAMPEANA ***

Cristina Y. Andreoli y Norman Peinemann

Departamento de Agronomía - Universidad Nacional del Sur - Altos del Palihue - (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires

RESUMEN

Fueron determinadas distintas fracciones de potasio en cuatro suelos con diferente grado de desarrollo, provenientes de una secuencia climática en el sur de la llanura pampeana.

Los resultados obtenidos indican que todos los suelos poseen altos contenidos de K-total, aunque permitieron establecer diferencias tanto en valor absoluto como relativo en lo que respecta a las diferentes fracciones. No obstante en el modelo de distribución de cada uno de los perfiles aislados se observaron similitudes que permitieron establecer pautas generales.

Por otro lado, fueron determinadas las capacidades amortiguadoras de muestras provenientes de estos suelos, como así también la dinámica del equilibrio K soluble-K intercambiable mediante relaciones "capacidad/intensidad".

Los parámetros hallados permitieron establecer un distinto comportamiento en el poder de restitución de potasio.

Palabras clave: fracciones de potasio; equilibrio; movilización; fijación; intercambio catiónico.

**POTASSIUM FRACTIONS AND EQUILIBRIUM CONDITIONS IN SOILS
OF THE PAMPEAN PLAIN**

ABSTRACT

Potassium fractions were determined in four different developed soils in a climatic sequence in the South of the Pampean plain.

The result show that all the soils have a high content of total-K, even though they let us establish both absolute and relative differences in the different fractions. Nevertheless, similitudes observed between the soil profiles, let us establish general distribution patterns.

On the other hand, buffer capacities of samples resulting from these soils were determined, as well as dynamics of soluble and exchangeable K, by means of capacity-intensity ratios.

The resulting parameters let us found a different behaviour in the restitution of potassium capacity.

Key words: potassium fractions; equilibrium; mobilization; fixation; cations exchange.

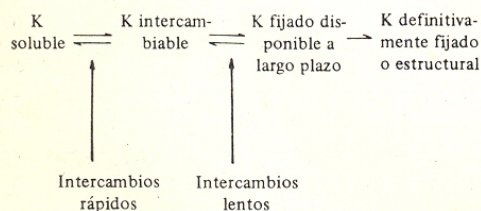
* Trabajo presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 1983.

INTRODUCCION

Las fracciones de potasio son índices de la reserva, el poder de abastecimiento y el grado de disponibilidad en un suelo dado. Wiklander (1954), dividió el estado del potasio en los suelos en: soluble, intercambiable y estructural. Attoe y Troug (1945) lo clasificaron en función del grado de disponibilidad para las plantas, considerando al fácilmente disponible (soluble e intercambiable), moderadamente disponible o fijado y difícilmente disponible.

Desde el punto de vista de la disponibilidad para las plantas a medio y largo plazo, es importante conocer la magnitud de la reserva total en el suelo representado por estas tres formas de potasio; pero la disponibilidad inmediata de potasio para los cultivos está dada tanto por el K-intercambiable (capacidad) como por el K-soluble (intensidad), y la restitución del K solución a partir de su forma intercambiable a través de la relación entre ambas variables (Beckett, 1964).

Las fracciones de potasio se encuentran en el suelo en equilibrio pasando de sus formas estables a formas más disponibles o viceversa, por medio de diferentes tipos de intercambios. Este proceso se puede esquematizar de la siguiente manera:



Numerosas observaciones y ensayos de fertilización indican que los suelos de la llanura pampeana están bien provistos de potasio. Si bien se han efectuado estudios tendientes a determinar la cantidad de potasio y formas presentes en algunos suelos del país (Cerana, 1969; Faedo y Cerana, 1971; De la Horra de Villa y Mizuno, 1974 y Mizuno y col., 1976), hasta el presente no se tiene un conocimiento detallado sobre las fracciones de potasio presentes, relación entre las mismas y tendencias en sus equilibrios. El objeto del presente trabajo es suministrar información al respecto.

MATERIALES Y METODOS

Fueron seleccionados perfiles de suelos desarrollados a partir de distintos materiales originales y diverso grado de evolución a lo largo de una secuencia climática. Para el presente trabajo fueron elegidos cuatro perfiles representativos de las diversas situaciones estudiadas. A su vez de cada uno de estos perfiles fue tomada una muestra correspondiente a un horizonte subsuperficial en las cuales fue estudiado en más detalle el poder de suministro de potasio.

En la Tabla 1 se presentan las propiedades más relevantes de las muestras estudiadas en mayor detalle.

El potasio soluble se determinó agitando una vez las suspensiones en agua destilada (relación 1:2) durante 30 minutos, y el potasio intercambiable por el desplazamiento de cationes intercambiables con 1 N $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ a pH 7. El potasio no intercambiable fue extraído con 1 N HNO_3 a ebullición durante 10 minutos (relación 1:10), (Pratt, 1951). El potasio de reserva, fue extraído con 1 N HCl durante 10 minutos a ebullición (relación 1:30), (Stahlberg, 1958). El potasio total se determinó por ataque con HClO_4 60 por ciento y HF 48 por ciento (relación 1:50) retomando con 6N CH_3I , (Jackson, 1958). Las fracciones "K no intercambiable" y "K de reserva" no se encuentran totalmente delimitadas sino que se superponen parcialmente.

TABLA 1: Características de los horizontes en estudio.

Suelo	Hte.	Prof. cm	CaCO_3 %	pH	MO %	CE dSm-3	Arc. %	Cationes interc. %			
								Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
1 "La Adela"	B ₂	18-46	0,3	8,3	1,3	0,3	24	1	5	75	19
2 "Bahía Blanca"	A ₁₂	15-45	1,4	7,2	1,8	0,3	8	1	4	94	1
3 "González Chaves"	A ₁₂	20-35	0,3	5,7	3,1	0,2	26	2	9	87	2
4 "Villa Ventana"	B _{21t}	33-51	0,1	7,1	1,8	1,4	43	12	7	35	46

Para la determinación de la relación C/I, se equilibraron 5 gramos de suelo con 25 ml de 0,004 M de CaCl_2 y 25 ml de soluciones que contenían desde 0 a 0,1 mM de K. Las suspensiones se agitaron en un agitador rotativo durante 14 horas. Se determinaron los iones K^+ , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (Moss y Coulter, 1964).

El potasio no intercambiable "movilizable" se determinó por extracciones sucesivas con ácido nítrico (Haylock, 1956). La primera después de 12 horas con 0,1 N HNO_3 (K_0) y luego con 1 N HNO_3 hasta obtener un valor constante (VC.K). Por sustracción del valor constante al K desplazado con 1N HNO_3 se obtiene la magnitud de K no intercambiable movilizado en cada extracción.

Las determinaciones de potasio en los extractos se efectuaron por fotometría de llama, y los de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ por volumetría con EDTA.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las fracciones de potasio de los suelos se presentan en la Fig. 1 en orden creciente de precipitación media anual.

La concentración de K soluble varía en forma similar en los perfiles estudiados. Se observa en general una acumulación en la parte superior del perfil aumentando progresivamente hasta el máximo a profundidad variable entre 30-60 cm. lo que depende de la intensidad de lixiviación y la textura del suelo. A mayores profundidades se presentan menores valores de K soluble a excepción de aquellos horizontes que poseen mayores contenidos de sales solubles totales. Esta distribución nos indica un efecto de vegetación sobre esta fracción, ya que por absorción radical son empobrecidos los horizontes inferiores y por descomposición de los desechos vegetales son enriquecidos los superiores; a su vez la lixiviación vuelve a producir su desplazamiento hacia profundidades medias.

Comparando los distintos perfiles entre sí, haciendo abstracción de los horizontes con mayores concentraciones de sales solubles totales, se observa un paralelismo entre las condiciones de humedad y los contenidos medios de K soluble.

Perfil 2 > Perfil 1 > Perfil 3 >> Perfil 4
0,066 0,083 0,098 0,179 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ suelo

El potasio intercambiable se encuentra como regla general, por encima del nivel crítico de respuesta en potasio establecido mediante experiencias de calibración, por Van Raij (1974), y que es de un 0,2 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ suelo.

Su distribución en el perfil está determinada por el contenido de arcilla de los distintos horizontes y guarda relación con el contenido de K soluble, más en los horizontes inferiores que en los superficiales.

La magnitud del K intercambiable es sensible a efectos competitivos de otros cationes, lo que determina los valores absolutos en los distintos perfiles.

La relación entre K intercambiable/ K soluble da idea acerca de la movilización del potasio hacia formas más débiles. Los mayores valores se observan en el Perfil 1 y los menores en el 2, ocupando el 3 y 4 posiciones intermedias, esto a su vez está bien reflejado en el contenido relativo de K intercambiable referido al contenido de arcilla, siendo en este caso los valores medios obtenidos en $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ arcilla:

Perfil 1 > Perfil 4 $\cong$ Perfil 3 > Perfil 2
0,144 0,123 0,118 0,061

Este comportamiento indica que la magnitud de movilización es independiente del grado de meteorización y desarrollo de los suelos.

Analizando el contenido de potasio no intercambiable (1N HNO_3), se observan todos los valores superiores a 0,35 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ que es el valor límite de la deficiencia de potasio a medio plazo establecido por Metson (1968).

Si se consideran en forma conjunta las fracciones poco móviles de K no intercambiable y K de reserva se evidencia que indistintamente pueden localizarse zonas de empobrecimiento (Perfiles 2 y 3) como de acumulación (Perfiles 1 y 4) en los horizontes iluviales independientes del grado de evolución de los suelos.

La relación entre estas fracciones en los horizontes de cada perfil dejan reconocer la tendencia general de una mayor movilización en superficie (mayores contenidos de K no intercambiable y menores de K de reserva), como así también un marcado aumento de K de reserva en los horizontes inferiores. Esto indicaría por un lado un mayor efecto de los agentes climáticos causantes de la meteorización en superficie, y por otro lado la mayor estabilidad de las fracciones inmóviles en los horizontes inferiores causando un distinto desplazamiento del equilibrio. El cociente entre ambas fracciones nuevamente refleja marcadas diferencias entre los perfiles con una magnitud de movilización independiente al desarrollo de los suelos, ya que los dos perfiles más evolucionados registran los cocientes máximo (perfil 4; 1,25) y mínimo respectivamente (Perfil 3; 0,40).

Todos los perfiles presentan elevados contenidos de K total, aumentando los mismos en los horizontes

inferiores, lo que denota una mayor movilización en los superficiales. Refiriendo los contenidos de potasio a los de arcilla se observa mayor homogeneidad en el perfil del piedemonte, el que por otra parte muestra los más altos contenidos de K total.

En la Fig. 2, se presenta el K desplazado en los suelos "La Adela" y "González Chaves" mediante extracciones sucesivas con ácido nítrico. En la primer extracción se produjo la movilización del K soluble más K intercambiable, (K_i), obteniéndose para el primer suelo un valor 6,5 veces superior al segundo. Análogamente en las posteriores extracciones vuelve a obtenerse en suma un valor de aproximadamente el doble de K "movilizable" en el suelo "La Adela" con respecto al de "González Chaves". Este comportamiento si bien se aparta de los valores obtenidos en el fraccionamiento (Fig. 1), no obstante evidencia un mayor poder de retención de potasio por el suelo "González Chaves", ya que mientras en éste sólo son movilizadas parcialmente las fracciones más débiles determinadas por el procedimiento clásico, en el otro se produce un completo agotamiento de las mismas.

Con el objeto de definir la magnitud del reabastecimiento de potasio a corto plazo, fueron determinadas las relaciones capacidad/intensidad de un horizonte de cada perfil.

Esta relaciones fueron representadas gráficamente en la Fig. 3, donde:

$$[\Delta K]_{AR=0}$$

es la intersección de la curva con el eje de las ordenadas, K_o la concentración

$$[K] / \sqrt{[Ca^{2+} + Mg^{2+}]}$$

en el punto en que la concentración de potasio se hace constante, y la pendiente de la curva refleja la capacidad tampón (PT.K) de los suelos a los cambios en la concentración de potasio en la solución de equilibrio.

Siguiendo investigaciones anteriores relacionadas con el tema (Beckett, 1964, 1971) fue posible obtener la magnitud del potasio adsorbido a partir de la curva C/I, es decir

$$[\Delta K]_{AR=0}$$

y el coeficiente de actividad del potasio en equilibrio

$$K_K (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Además de la posición de la curva C/I de un suelo es posible calcular cuál será el valor

$$K_K (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

cuando al variar la concentración de potasio presente ésta no afecta al PT.K.

A modo de ejemplo se presentan los distintos parámetros calculados para el suelo de "Villa Ventana".

$$[\Delta K]_{AR=0} : -3,00; (Ca^{2+} + Mg^{2+})_{int} : 31,0;$$

$$K_o : 0,0136, K_K (Ca^{2+} + Mg^{2+}) : 7,11$$

Efectuando estos cálculos para los suelos aquí considerados, se obtiene la siguiente secuencia de valores para $K_K (Ca^{2+} + Mg^{2+})$:

"La Adela"	<	"Bahía Blanca"	<
(0,53)		4,61	
"Villa Ventana"	<	"González Chaves"	
7,11		21,28	

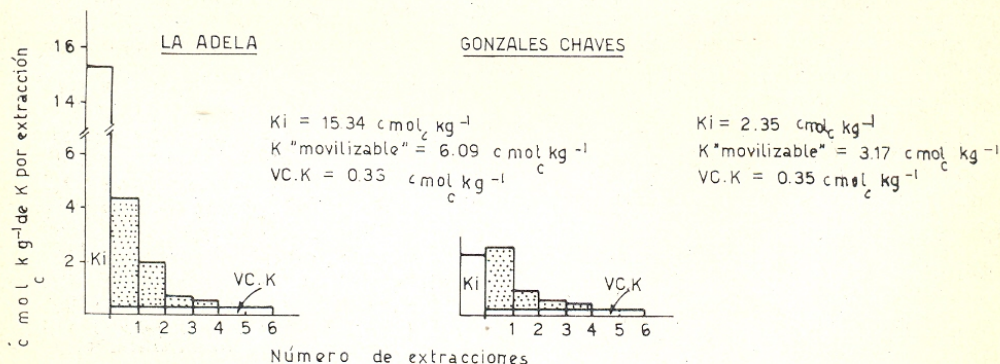
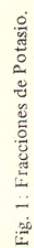
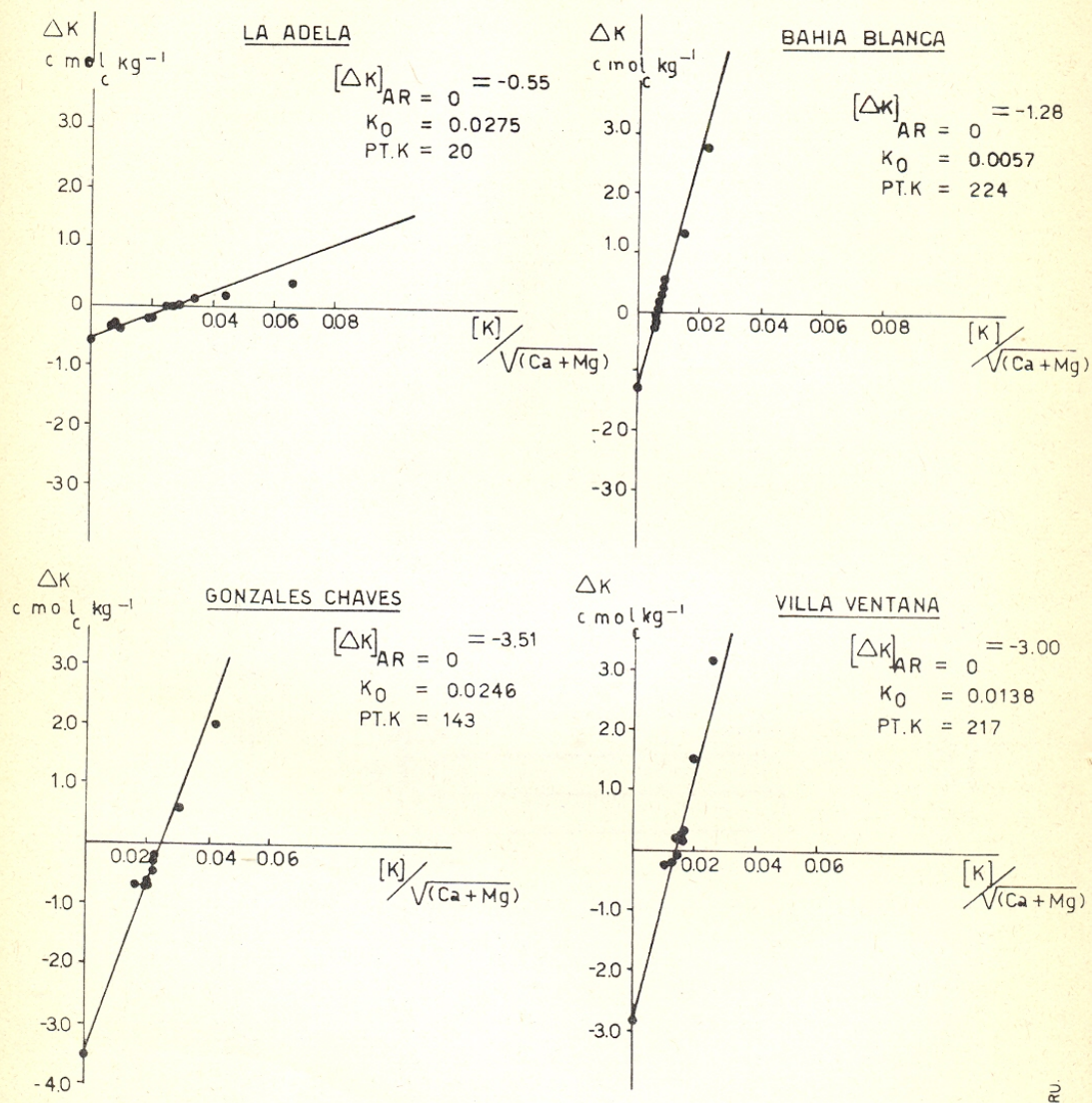


Fig. 2: Potasio no intercambiable "Movilizable" (Haylock).





RU

Fig. 3: Relaciones C/I de los suelos estudiados.

Según fue demostrado en distintas investigaciones previas (Beckett, 1971; Mielniezuk y Selbach, 1977) el valor del potasio adsorbido obtenido mediante la curva C/I generalmente concuerda bien con el de potasio intercambiable. En los casos aquí presentados los valores obtenidos mediante la curva son ligeramente superiores a los logrados mediante extracción con acetato de amonio.

En función del PT.K, los suelos se pueden clasificar en tres grupos:

- 1) Corresponde al suelo "La Adela" y se caracteriza por la poca variación del contenido de potasio liberado al aumentar las concentraciones de potasio aplicado como así también por la alta liberación de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. En consecuencia tiene lugar una gran adsorción del potasio aplicado, a la vez que un intenso intercambio por cationes bivalentes a lo largo de toda la curva. El poder amortiguador es bajo.
- 2) En el suelo "Bahía Blanca", es muy alta la adsorción del potasio, dado su bajo contenido de potasio soluble e intercambiable; sin embargo la capacidad de retención es baja ya que a mayores concentraciones de potasio aplicado la liberación es cada vez mayor. La liberación del $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ es alta como consecuencia de la alta proporción en forma intercambiable y la presencia de CaCO_3 , teniendo lugar la mayor capacidad amortiguadora de los suelos analizados.
- 3) Los dos suelos de la región subhúmeda presentan una capacidad amortiguadora semejante por la que se comportan de manera similar al aumentar las concentraciones de potasio aplicadas, no obstante se observa un poder de adsorción de K y liberación de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ diferente entre los mismos. En el suelo "Villa Ventana" éste es mayor que en el de "González Chaves", al igual que tiene lugar una menor liberación de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, lo que puede

deberse a un mayor contenido de arcilla y un probable desplazamiento de Na intercambiable por parte de los cationes bivalentes.

Todos los valores de PT.K son superiores a los obtenidos por Mizuno et al. (1976), para suelos de las Provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Corrientes.

Según el valor K_0 , los suelos se pueden ordenar de acuerdo al contenido de potasio, observándose los mayores valores en los suelos "La Adela" y "González Chaves". Aunque ellos provienen de perfiles con distinto grado de desarrollo poseen contenidos de arcilla y potasio intercambiable similares. En el suelo "Villa Ventana" bien provistos de potasio intercambiable el valor de K_0 es menor a los anteriores debido a una posible inmovilización de los cationes bivalentes por procesos de intercambios. El suelo "Bahía Blanca", pobre en potasio presenta un bajo valor de K_0 y alta capacidad de retención, lo que coincide con un bajo contenido de potasio intercambiable.

Finalmente, se puede comprobar que el contenido de potasio total tiende a ser mayor en los suelos más evolucionados, independientemente de la región climática de donde provienen. Así en el suelo "La Adela" con alto contenido de potasio total, se encuentran altas concentraciones tanto en sus formas inmóviles como móviles con presencia de arcilla rica en potasio estructural y con alta selectividad de adsorción de potasio intercambiable. Inversamente el suelo "Bahía Blanca", presenta un desplazamiento del equilibrio del potasio hacia formas más móviles. A pesar de ello la capacidad amortiguadora es superior en este perfil que en el anterior. En los suelos de la región subhúmeda, se producen distintos desplazamientos en el equilibrio tendientes a una mayor inmovilización en el suelo "Villa Ventana", debido a la presencia de illita con alta capacidad de fijación de potasio, demostrado por una mayor adsorción del potasio en la relación capacidad/intensidad que el suelo "González Chaves", pero con una similar capacidad amortiguadora.

REFERENCIAS

- Attoe, O. J. and E. Troug, 1975. Exchangeable and acid soluble potassium as regards availability and reciprocal relationships. *Proc. Soil Soc. Am.* 10, 81-86.
- Beckett, P. H. T., 1964a. Studies of soil potassium. *J. Soil Sci.* 15, 1-83.
- Beckett, P. H. T., 1964b. Potassium-calcium exchange equilibria in soils: specific adsorption sites for potassium. *Soil Sci.* 197, 376-383.

- Cerana, L. A., 1969. El potasio y el magnesio intercambiables y sus relaciones con la morfología y las propiedades físicas de los suelos. 5º Reunión Arg. de la Ciencia del Suelo. ACTAS. 52-53.
- De la Horra de Villa, A. M. e I. Mizuno, 1974. Potasio en algunos suelos argentinos. An. de la Soc. Cient. Arg. CXCVIII. 87-93.
- Faedo, S. E. y L. A. Cerana, 1971. Efecto del potasio intercambiable sobre la permeabilidad de un suelo en Santa Fe. 6º Reunión Arg. de la Ciencia del Suelo. ACTAS, 35-49.
- Haylock, O. F., 1956. A method for estimating the availability of non exchangeable potassium. Rapports VI Congr. Intern. Sci. de Sol, París. B, 403-408.
- Jackson, M. L., 1958. Análisis Químico de Suelos. Prentice Hall Englewood cliff. N. J. 383-385.
- Metson, A. J., 1968. The long-term potassium Supplying power of New Zealand Soils. In: International Congress of Soil Science, 9º Adelaide. Proceeding, Adelaide, International Society of Soil Science, 2, 621-630.
- Mielniczuk, J. and P. A. Selbach, 1977. Efeito de cultivos sucessivos sobre os parametros de potássio do solo. XVI Congresso Brasileiro de Ciencia de Solos. Sao Luis.
- Mizuno, I.; E. M. Sesé y L. A. Berasategui, 1976. Poder regulador de potasio de algunos suelos argentinos. 7ma. Reunión Arg. de la Ciencia del Suelo. IDIA. Suplemento 33, 56-61.
- Moss, P. and J. K. Coulter, 1964. The potassium status of west Indian volcanic soils. J. Soil Sci. 15, 284-297.
- Pratt, P. F., 1951. Potassium removal from Iowa soils by green house and laboratory procedures. Soil Sci. 72, 107-117.
- Stahlberg, S., 1958. The potassium reserves of soil and methods for their determination. K. Skogs-Lantbr. Akad. Tidskr 97, 389-401.
- Van Raij, B., 1974. Calibração do potássio trocável em solos feijão, algodão e cana-de-açúcar. Ciencia e Cultura, Sao Paulo, 26, 575-579.
- Wiklander, L., 1954. Potassium Symposium: Forms of potassium in the soils. Int. Pot. Inst. Berne, 109-121.