

# Potasio: Comparación del comportamiento de diferentes métodos en suelos cultivados y sin cultivar<sup>1</sup>

A. M. de la Horra<sup>2</sup>, M. E. Conti<sup>3</sup>, V. Sanguesa<sup>2</sup>, M. Moretti<sup>4</sup>

## RESUMEN

Se estudiaron los porcentajes de disminución de potasio producidos por agricultura continua en cuatro suelos pertenecientes a las series Pergamino, Marcos Juárez, Atucha y 9 de Julio. Se determinaron dichas disminuciones por métodos químicos y biológicos. También se relacionaron las cantidades de potasio extraídas por los métodos químicos entre sí y el absorbido por el *rye-grass* (hallica). En suelos cultivados, los porcentajes de disminución determinados por el *rye-grass* son inferiores aproximadamente en un 6% a los obtenidos con acetato de amonio, Mehlich y resinas de intercambio catiónico, presentando una correlación altamente significativa. La extracción con cloruro de calcio presenta los valores más altos en los porcentajes de disminución y el ácido nítrico, los más bajos. Relacionando las cantidades de potasio absorbido por el *rye-grass* con lo extraído por los métodos químicos, se encontró que el acetato de amonio y las resinas de intercambio catiónico presentan las mejores correlaciones ( $r = 0.95$ ). El reactivo de Mehlich es el que extrae cantidades de potasio más próximas a las absorbidas por el vegetal, presentando un coeficiente de correlación de  $r = 0.84$ . Los métodos químicos entre sí presentan buena correlación, excepto el ácido nítrico con cloruro de calcio y Mehlich.

Palabras claves : Potasio, potasio intercambiable, potasio absorbido, potasio del suelo.

## ABSTRACT

The percent reduction of potassium caused by continuous agriculture in four soils of Argentina was studied. Reductions were determined by chemical and biological methods. The quantities of potassium extracted by the chemical methods were also compared with each other, as well as with the absorption of the ryegrass. In the cultivated soils, the percent of reductions determined in ryegrass are approximately 6% lower than those obtained with ammonium acetate, Mehlich extract and cation exchange resins, presenting a highly significant correlation. The highest percent in reduction values was obtained with calcium chloride extraction and the lowest with nitric acid. Relating quantities of absorbed potassium in ryegrass to what was extracted with chemical methods, it was found that ammonium acetate and cation exchange resins present the best correlations ( $r = 0.95$ ). The Mehlich method extracted quantities of potassium similar to those of the grass, presenting a correlation coefficient of  $r = 0.84$ . The chemical methods presented good correlations with each other, except for the nitric acid with calcium chloride and Mehlich extract.

Key words: Potassium, exchange potassium, potassium uptake, soil potassium.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de los suelos produce una disminución en la cantidad de potasio disponible para los vegetales. Esta disminución depende de las características de los suelos en estudio y de la intensidad de los cultivos a que han sido sometidos.

Cuando se trata de cuantificar el potasio del suelo disponible para los cultivos, se realiza en general con diferentes extractantes químicos, pero ninguno es de aplicación universal. Su comportamiento es muy variable según el tipo de suelo utilizado.

Los métodos biológicos aportan información más real acerca de la cantidad de potasio accesible a las plantas. Goulding (1987) y Barber (1984) concluyen que la absorción de este nutriente por los vegetales, es la forma más confiable para analizar su disponibilidad en los suelos.

Si bien los métodos biológicos son los más confiables, su implementación y tiempo requerido no hace poco prácticos, por ello se reemplazan con el uso de diversos extractantes químicos, y es aconsejable que estos métodos químicos sean calibrados a partir de los anteriores.

Por esta razón se realizó un ensayo de invernáculo utilizando el método de De Ment *et al.* (1959) con las modificaciones efectuadas por Binet *et al.* (1984), sobre cuatro suelos de importancia

<sup>1</sup> Recibido el 1 de octubre de 1993

\* Cátedra de Química General e Inorgánica, Facultad de Agronomía, UBA, Buenos Aires, Arg.

\*\* Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, UBA, Buenos Aires, Arg.

agrícola en el país. Cada uno presenta dos situaciones: suelo sin cultivar y suelo sometido a varios años de agricultura continua. Los resultados de este estudio se comparan con los datos obtenidos usando diferentes métodos químicos.

El presente trabajo se planificó siguiendo dos objetivos principales:

- Determinar la sensibilidad de los métodos químicos para evaluar las disminuciones de potasio disponible producidas en los suelos por efecto de los cultivos.
- Analizar el comportamiento de los diferentes métodos químicos y compararlos con el método biológico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Suelos

Se eligieron cuatro suelos pertenecientes a cuatro series de importancia agronómica. El material originario es loes pampeano, con textura superficial francolímbica y francoarenosa.

Se utilizaron suelos vírgenes y sus homólogos cultivados durante aproximadamente diez años con agricultura continua. Las series son: Pergamino (Argiudol típico, fina illítica, térmica), Marcos Juárez (Argiudol típico, fina mixta, térmica), Atucha (Argialbol típico, fina illítica, térmica), 9 de julio (Hapludol éntico).

Las muestras de suelo fueron secadas al aire, molidas y tamizadas por malla de dos milímetros.

### Análisis efectuados en las muestras de suelo

Determinación de potasio extractable: las muestras de suelo se extrajeron con diferentes soluciones, y se determinó el contenido de potasio por fotometría de llama. Los extractantes empleados fueron: a) acetato de amonio 1 N pH = 7 (potasio intercambiable). Se percolaron 2 g de suelo con 50 ml de acetato de amonio 1 N; b) ácido nítrico 1 N a 113°C. Se utilizó el método de Pratt y Morse (1954); c) ácido nítrico 1 N a 100° centígrados. El mismo método, pero disminuyendo la temperatura a

100° centígrados; d) ácido sulfúrico 0.025N + ácido clorhídrico 0,05 N (Mehlich I) de Sims (1985); e) cloruro de calcio 0.01 M según el método de Sinclair (1982).

Extracción con resinas de intercambio catiónico: Se usó el método de van Raij *et al.* (1986) con la siguiente modificación: se coloca la resina, que estará en contacto con el suelo, en una bolsita de aproximadamente 5 cm de diámetro confeccionada en género de trama fina.

### Análisis del material vegetal

Se disgregó por vía húmeda usando ácido perclórico y ácido nítrico. La determinación de potasio se realizó por fotometría de llama.

### Experimento en invernáculo

Se empleó el método de De Ment *et al.* (1959), modificado por Quemener y Rolland (1970) y por Binet *et al.* (1984).

Se planeó el experimento siguiendo un diseño de bloques completos aleatoriamente distribuidos, con tres repeticiones. Cada bloque formado por nueve macetas, una para cada suelo y una con arena correspondiente al blanco. En cada muestra se descontó el dato de potasio correspondiente al blanco. El experimento totalizó 27 macetas.

La arena utilizada en el experimento fue lavada exhaustivamente con solución de ácido clorhídrico al 10 por ciento. Se sembró *ryegrass* perenne (*Lolium perenne* sp.) con una densidad de 200 plantas por maceta.

El ensayo se realizó en dos fases: en la primera, de 10 días de duración, las plántulas se desarrollaron en arena (500 g por pote, con fondo removible) y, en la segunda, los potes anteriores (a los cuales se les sacó el fondo) se colocaron sobre nuevos recipientes que contenían una mezcla de suelo-arena (100 g de suelo y 300 g de arena) durante 20 días.

La duración total del ensayo fue de 30 días. Durante ese período se usó la solución nutritiva y la

frecuencia de riego indicada por Quemener y Rolland (1970), manteniendo las macetas en capacidad de campo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento de los suelos

Para determinar el efecto producido por los cultivos sobre el potasio disponible se realizó un experimento en invernáculo siguiendo la técnica de De Ment y Stanford. Este método está destinado a dosar el potasio presente en las fracciones más móviles (Quemener 1978). Consiste en aplicar un cultivo deficiente en potasio sobre el suelo en estudio. La corta duración del experimento permite mejor estandarización, eliminando las posibles diferencias en la germinación entre un suelo y otro, permitiendo la aplicación a todos los suelos de un tipo de "reactivo vegetal" preparado anteriormente y que puede ser considerado constante (Quemener y Rolland 1970).

En todos los casos se evidencia una menor cantidad de potasio absorbida por el *ryegrass* en los suelos cultivados que sin cultivar (Cuadro 1), siendo variable según los suelos. Así para Atucha y 9 de julio la disminución es de un 44 % mientras que para Pergamino y Marcos Juárez es del orden del 10% (Fig. 1).

**Cuadro 1. Potasio absorbido por el *ryegrass* y extraído por diferentes extractantes químicos (cmol<sub>c</sub>·kg<sup>-1</sup>).**

Suelos	NH <sub>4</sub> Ac (100°C)	HNO <sub>3</sub> (113°C)	HNO <sub>3</sub>	Mehl.	Resina	CaCl <sub>2</sub>	<i>ryegrass</i>	<i>ryegrass</i> kg/ha
M. Juárez(1)	2.38	4.38	4.38	1.24	2.60	0.77	1.38	1.399
M. Juárez(2)	1.89	3.98	3.93	0.98	2.00	0.55	1.17	1.186
Pergamino(1)	1.79	3.30	3.90	0.88	1.93	0.56	1.06	1.075
Pergamino(2)	1.59	2.83	3.14	0.78	1.64	0.46	0.96	928
9 de Julio(1)	2.59	3.65	3.80	1.58	2.66	1.04	1.36	1.379
9 de Julio(2)	1.31	2.44	2.89	0.78	1.37	0.51	0.76	770
Atucha(1)	2.31	3.49	3.53	1.32	2.41	0.90	1.13	1.145
Atucha(2)	1.13	2.49	2.83	0.66	1.24	0.38	0.64	689

(1) Suelos sin cultivar

(2) Suelos cultivados

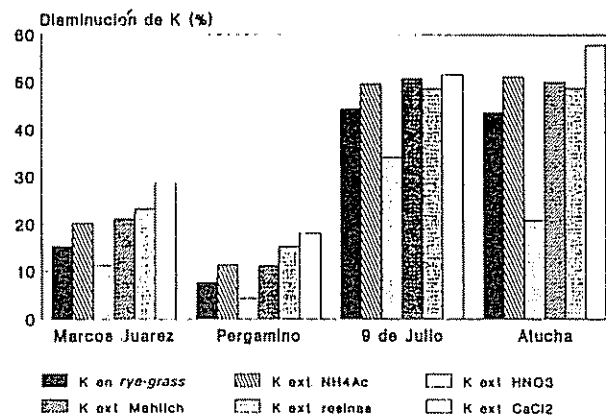


Fig. 1. Disminución de K producida por los cultivos (%).

Con respecto a la determinación con extractantes químicos se observa (Fig.1) que los diferentes reactivos usados presentan un comportamiento similar al manifestado por el *ryegrass*, encontrándose que las disminuciones para Marcos Juárez y Pergamino son bajas, variando entre 10% y 20% y 50% para los otros suelos.

Los menores porcentajes de disminución se encuentran en las determinaciones con ácido nítrico -este reactivo extrae el potasio intercambiable y el fijado. Para Marcos Juárez y Pergamino este método detecta menores disminuciones (10%) que para 9 de Julio y Atucha (30%).

En todos los casos, la extracción con cloruro de calcio presenta los mayores porcentajes de disminución, debido a que este reactivo determina la forma más lábil de potasio -siendo ésta la fracción más sensible al efecto de los cultivos.

Se calcularon los coeficientes de correlación de los porcentajes de disminución presentado por el *ryegrass* y los métodos químicos, resultando, para el acetato de amonio, las resinas de intercambio y el Mehlich, un  $r > 0,99$ ; para el cloruro de calcio, un  $r = 0,98$ ; y no significativamente diferente que cero para el ácido nítrico.

### Comparación de las cantidades de potasio

En el Cuadro 1 se muestran las cantidades de potasio ( $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ ) extraídas por los diferentes métodos utilizados. Es de hacer notar que la cantidad absorbida por el *ryegrass* es inferior en todos los suelos al potasio intercambiable, aproximadamente en 55 por ciento. Este hecho es también observado por Binet *et al.* (1984). Quemener (1978) comprobó que la relación **K absorción vegetal/K inter. inicial** es variable, pudiendo ser menor que uno en suelos con alto contenido de arcilla y puede, excepcionalmente, alcanzar valores de 5 a 10 en suelos poco desarrollados.

Esto indica que el *ryegrass* absorbe el potasio ubicado en los sitios menos específicos, ya que su liberación sigue una dinámica donde el pasaje a la forma soluble, a partir del intercambiable, se produce con distinta facilidad según la ubicación del mismo en el complejo de cambio (Mengel y Kirby 1987). No obstante, las cantidades absorbidas por el vegetal representan valores en kilogramos por hectárea superiores a los requeridos por una cosecha (Cuadro 1).

Si se compara el potasio extraído por el reactivo de Mehlich y el absorbido por el *ryegrass*, se encuentra que ambos presentan valores similares. Con respecto al acetato de amonio se observa que el reactivo de Mehlich es menos efectivo, y la cantidad extraída por este último es de 50% a 60% del potasio intercambiable. Van Lierop y Tran (1985) encontraron lo mismo y consideran que puede deberse a que la solución extractante de Mehlich contiene 2.25 mEq de  $\text{H}^+$  entre gramo de suelo (en condiciones experimentales), mientras que para el acetato de amonio la relación es de 25 mEq de  $\text{NH}_4^+$ /g de suelo. En este trabajo, el extractante Mehlich I utilizado contiene 0.3 mEq  $\text{H}^+$  entre gramo de suelo.

Stout (1982) encontró que la cantidad de potasio extraída por Mehlich fue mayor en algunos suelos y menor en otros, dependiendo del contenido de arcilla de los mismos. Una ventaja para el uso de este método es que el mismo extracto puede usarse para la determinación de otros elementos, por ejemplo, fósforo (Sims 1985).

La extracción con cloruro de calcio, que aporta una evaluación del potasio más lábil dentro del intercambiable, determina aproximadamente 50% del absorbido por el *ryegrass* y 30% del obtenido con acetato de amonio. Como en el caso del reactivo de Mehlich se dispone de una menor concentración de iones intercambiadores de potasio. Chandra Prakash y Sing (1986) observan el mismo resultado.

La extracción con resinas de intercambio catiónico presenta valores de potasio mayores que las cantidades del mismo, absorbidas por el vegetal, siendo próximos a los obtenidos con acetato de amonio. El mismo resultado obtuvo Van Raij *et al.* (1986). Otros autores, que emplean extracciones sucesivas con resinas, obtienen valores de potasio muy superiores, ya que extraen parte del no intercambiable (Havlin y Westfall 1985).

Ya que la parte experimental de este método es muy laboriosa y de alto costo, y visto los resultados obtenidos, se concluye que no es un método aconsejable para análisis de rutina.

Las mayores cantidades de potasio fueron extraídas por el ácido nítrico 1 N, encontrándose valores que varían entre 4.38 y 2.44  $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ . Chandra Prakash y Sing (1986) también obtuvieron los valores más altos con este extractante. Este comportamiento se atribuye a altas temperaturas y que siendo este ácido un fuerte oxidante, es capaz de liberar potasio de la forma no intercambiable por destrucción de la estructura tridimensional de los minerales primarios y secundarios, previa oxidación de la materia orgánica.

El hecho de usar 100°C y 113°C en esta determinación tiene como finalidad comprobar si esta variación en la temperatura no afecta las cantidades de potasio extraído, lo cual acarrearía una ventaja práctica dada la mayor facilidad para mantener la temperatura durante el tiempo de extracción a 100°C en lugar de 113° centígrados. El análisis de variancia indicó que no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los datos obtenidos a ambas temperaturas.

El cuadro 2 muestra la matriz de correlaciones entre los distintos métodos usados. Se observa buena correlación entre todos ellos excepto para los datos obtenidos por extracción con ácido nítrico y cloruro de calcio, y ácido nítrico y Mehlich.

**Cuadro 2. Matriz de correlaciones entre el potasio extraído por los diferentes métodos (químico y biológico).**

	Planta	NH <sub>4</sub> Ac	Mehlich	Resinas	Cu <sub>2</sub> Cl 100°C	HNO <sub>3</sub> 113°C	HNO <sub>3</sub>
Planta	1.00*						
NH <sub>4</sub> Ac	0.95*	1.00*					
Mehlich	0.86*	0.96*	1.00*				
Resinas	0.95*	0.99*	0.94*	1.00*			
Cu <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.78*	0.92*	0.98*	0.90*	1.00*		
HNO <sub>3</sub> (100°C)	0.93*	0.84*	0.70	0.87*	0.61	1.00*	
HNO <sub>3</sub> (113°C)	0.90*	0.78*	0.61	0.83*	0.54	0.96*	1.00*

\*Significativamente diferente de cero al nivel de cinco por ciento.

Para los suelos estudiados, se puede observar que los métodos que mejor correlacionan con el potasio absorbido por el vegetal, son la extracción con acetato de amonio y las resinas de intercambio catiónico. El reactivo de Mehlich, que extrae las cantidades más próximas al determinado por el *ryegrass*, presenta un coeficiente de correlación de  $r = 0.84$ .

## CONCLUSIONES

En este ensayo se destacan las siguientes conclusiones:

— Todos los métodos químicos estudiados, al igual que el biológico, evidencian que el contenido de potasio extractable disminuye en los suelos cultivados con respecto a los vírgenes. Los porcentajes de disminución, calculados a partir del potasio absorbido por el *ryegrass*, son inferiores en aproximadamente 6% a los determinados con acetato de amonio, Mehlich y resinas de intercambio, con buena correlación ( $r > 0.99$ ).

El cloruro de calcio es el reactivo que detecta porcentajes de disminución más altos y su coeficiente de correlación con respecto al *ryegrass* es de  $r = 0.98$ .

Los porcentajes de disminución determinados por el ácido nítrico son los más bajos, variando entre 5% y 30% según los suelos. El coeficiente de

correlación con respecto al *ryegrass* no es significativamente diferente de cero.

— La mayor correlación con el potasio absorbido por el *ryegrass* la presenta el acetato de amonio ( $r = 0.95$ ), y las resinas de intercambio catiónico ( $r = 0.95$ ). De estos dos métodos el más recomendable es el primero por su simplicidad y porque ambos extraen cantidades semejantes de potasio.

Para los suelos estudiados el reactivo de Mehlich extrae las cantidades más próximas a las absorbidas por el vegetal, presentando un coeficiente de correlación de  $r = 0.84$ .

## LITERATURA CITADA

- BARBER, S. A. 1984. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. New York, Wiley Interscience. 398 p.
- BINET, P.; GUESSABI, L.; SALETTE, J. 1984. The potassium status of soils: Significance of the "Station Ryegrass Test". Fertilizer Research 5:393-402.
- CHANDRA PRAKASH, ?; SING, V. 1986. Evaluation of soil test methods for available potassium in alluvial soils. Journal of the Indian Society of Soil Science 34:425-427.
- DE MENT, J. D.; STANFORD, G.; BRADFORD, B. N. 1959. A method for measuring short-term absorption by plants. II. Potassium. Soil Science Society of America. Proceedings 27:47-50.
- GOULDING, K. W. T. 1987. Potassium fixation and release: Methodology in soil-K research. In Colloquium of International Potash Institute (20.). Baden Bei Wien, Austria p. 137-154.
- HAVLIN, J. L.; WESTFALL, D. G. 1985. Potassium release kinetics and plant response in calcareous soils. Soil Science Society of America Journal 49:366-370.
- MENGEL, K.; KIRBY, E. A. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. p. 427-466.
- PRATT, P. F.; MORSE, H. 1954. Potassium release forms in Ohio soils. Research Bulletin. Ohio Agricultural Experiment Station no. 747.
- QUEMENER, J. 1978. The measurement of soil potassium. IPI Research Topics no. 4.
- QUEMENER, J.; ROLLAND, D. 1970. Application de la technique de Stanford et De Ment à l'extraction du potassium des sols. Annals of Agronomy 21:819-844.
- SIMS, T. 1985. A comparison of Mehlich I and Mehlich III extractants as predictors of manganese, copper and zinc

- availability in four Delaware soils. *Comm. of Soil Science Plant Annals* 16:1039-1051.
- SINCLAIR, A.H. 1982. A comparison of electro-ultrafiltration and quantity/intensity measurements of soil potassium with its uptake by rye-grass in Scottish soils. *Plant and Soil* 64:85-94.
- STOUT, W.L. 1982. Potassium and magnesium recovery from selected soils of the Allegheny Plateau. *Soil Science Society of America Journal* 46:1023-1027.
- VAN LIEROP, W; TRAN, S.T. 1985. Comparative potassium levels removed from soils by electro-ultrafiltration and some chemical extractants. *Canadian Journal of Soil Science* 65:25-34.
- VAN RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A.; DA SILVA, N.M. 1986. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. *Comm. in Soil Science Plant Annals* 17:547-566.