

## VELOCIDAD DE LIBERACION DE POTASIO EN ARGIUDOLES PAMPEANOS (ARGENTINA)

M E CONTI, A M DE LA HORRA, M G GONZALEZ, N M ARRIGO, A MARCHI

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina.

### RATE OF POTASSIUM DESORPTION, ITS VELOCITY IN ARGENTINE PAMPEAN ARGIUDOLLS

In general pampean soils do not show potassium deficiencies. Although recent researches in wheat areas show the necessity to evaluate the actual state of soil potassium and its relation with yields. The study of potassium dynamic in any of its forms will contribute to a major understanding about fertilization. The knowledge of factors that modify the potassium desorption rate is an essential factor to predict the fertilizer doses to be applied in crops. The objective of this investigation was to measure the desorption rate of potassium and its variation when fertilizers were applied. Soil samples were taken from two important agricultural regions, one from Marcos Juárez and the second from 9 de Julio. The soils used were uncultivated and cultivated, with and without fertilizer. To assess the potassium desorption capacity a greenhouse experience was conducted using ryegrass. Six harvests were made and changes in potassium exchangeable (AKI) and potassium no-exchangeable (AKNO-I) produced between harvests were measured. The potassium desorption rate (VDL-KI) and the potassium no-exchangeable rate (VDL-KNO-I) was calculated. In the no fertilized treatment the release rate of exchangeable potassium (KI) depends on the amount of KI at the beginning of each period of plant growing between harvests and the release rate of no exchangeable potassium (KNO-I) depends on the content in illite and micaceous compounds. Fertilization produces strong changes on potassium dynamic modifying release rate of KI and KNO-I. It was observed that fertilization increased KI values and as a consequence, VDL- KI increased too. The VDL-KI parameter was high enough to prevent the mobilization of KNO-I during the six periods of plant growing.

**Key words:** Exchangeable potassium- No-exchangeable potassium- Fertilization potassium- Desorption velocity

### INTRODUCCION

El rendimiento de los cultivos responde a la fertilidad del suelo. En Argentina son muchos los estudios que relacionan el rendimiento de los cultivos con el contenido de nitrógeno y fósforo de los suelos, pero en un grado mucho menor con potasio ( $K^+$ ). Sin embargo existen investigaciones recientes de zonas trigueras que hacen necesario hacer un replanteo sobre el estado actual del potasio del suelo y la relación con la producción (Conti 1994).

Durante su período de crecimiento los cultivos toman grandes cantidades del potasio que está disponible bajo formas de  $K^+$  intercambiable (KI) y  $K^+$  no intercambiable (KNO-I) (Zubillaga, Conti 1994). Las raíces de las plantas en crecimiento, producen una rápida disminución en la concentración de  $K^+$  en la solución del suelo cercana a ellas. Esto genera un proceso de difusión, con liberación del KI retenido por las cargas de las arcillas y de la materia orgánica (Sparks 1987). Cuando la concentración potásica de la solución ha disminuido por nutrición vegetal hasta el mínimo (potasio intercambiable mínimo), el KNO-I es liberado de las interláminas de las arcillas illíticas para

reponer el  $K^+$  de la solución del suelo (Marchi *et al.* 1994).

Las principales fuentes de reposición ante las intensivas extracciones de las cosechas es el  $K^+$  ubicado en las interláminas de illita y minerales del grupo de las esmectitas (Goulding 1987). De esta manera el KNO-I puede contribuir significativamente a la nutrición potásica cuando el KI es insuficiente (Zubillaga, Conti 1994). No ha sido suficientemente estudiado en los suelos argentinos, la forma en que el KI y el KNO-I contribuyen a las demandas de los cultivos en crecimiento, ni en que medida la fertilización modifica estas variables. La bibliografía nacional presenta muy pocos datos de la relación entre la absorción vegetal, la movilización de las formas KI y KNO-I, los minerales que participan en las reservas del potasio del suelo y la reposición que se produce por fertilización potásica.

El objetivo de este trabajo es determinar el comportamiento de dos series de suelos de importancia agrícola de la Región Pampeana, Marcos Juárez y 9 de Julio, en los siguientes aspectos: 1) la relación entre las formas KI y KNO-I y la velocidad de liberación del  $K^+$  de cada serie, 2) la variación en la velocidad de liberación de  $K^+$  de los suelos con agricultura cuando son sometidos a la fertilización potásica.

## MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron dos series de suelos de importancia agronómica por su aptitud y extensión, Marcos Juárez y 9 de Julio que poseen distintos niveles de potasio intercambiable, cuyo material originario es el loess pampeano con textura superficial franco limosa (Marcos Juárez) y franca (9 de Julio). El estudio se realizó sobre suelos nativos y sus homólogos cultivados con y sin fertilizante potásico. Las series seleccionadas fueron:

- 1) Marcos Juárez: Argiudol típico; limosa fina, mixta, térmica
- 2) Nueve de Julio: Hapludol típico; franca gruesa, mixta, térmica

La Tabla 1 presenta los datos de los suelos estudiados. Las formas determinadas fueron: 1) K<sup>+</sup> intercambiable; percolación con acetato de amonio 1N pH 7. 2) K<sup>+</sup> extractable con ácido nítrico 1M (Knudsen *et al.* 1982). 3) K-res = K<sup>+</sup> extraído con ácido nítrico - K intercambiable

La determinación de K<sup>+</sup> se realizó por fotometría de llama.

El carbono oxidable se determinó por digestión (CO) (Nelson, Sommers 1982) y la capacidad de intercambio catiónico por arrastre con acetato de amonio (CIC) (Chapman 1965).

Tabla 1. Características de los suelos (0-20 cm)

	Arcilla (%)	CO (%)	CIC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	KI (mg kg <sup>-1</sup> )	K-res* (mg kg <sup>-1</sup> )
MJ nativo	27	1,7	29	930	780
MJ cultivado	27	1,4	27	740	780
9J nativo	14	2,1	23	1010	616
9J cultivado	14	1,1	21	510	472

\* Reserva de potasio

MJ = Marcos Juárez, 9J = p de Julio

Se realizó un ensayo de invernáculo empleando un cultivo intensivo de ryegrass (*Lolium perenne*) en maceta en invernáculo. El ensayo fue realizado respetando un diseño experimental completamente aleatorizado con tres tratamientos, aplicando el método de cultivo intensivo en macetas ajustado por de la Horra (1990). Los tratamientos consistieron en: 1) suelo nativo; 2) cultivado y 3) suelo cultivado fertilizado con 200 mg K<sup>+</sup> por maceta. Se utilizó como fertilizante sulfato de potasio. La dosis empleada fue elevada ya que el cultivo tiene alto poder de extracción de este elemento y se planificó llegar al final del ensayo con un nivel de K<sup>+</sup> intercambiable semejante al inicial. Simultáneamente se incluyó un blanco conteniendo solamente arena. El dato de K<sup>+</sup> obtenido del blanco se descontó de los tratamientos.

La extracción intensiva de K<sup>+</sup> se logró, cultivando ryegrass en macetas conteniendo 100 g de suelo mezclado con 300 g de arena lavada con HCl 10 %. Se realizaron seis cosechas a los treinta días de emergencia y sus respectivas resiembras. La metodología contempló la extracción de una maceta en la primera, segunda, cuarta y sexta cosecha, para analizar en la misma las variaciones que el cultivo produjo en el suelo.

### Metodología de los cálculos

AKI = liberación de K<sup>+</sup> intercambiable del suelo a la planta para el período de crecimiento analizado

AKI = KI final - KI inicial

AKNO-I = liberación de K<sup>+</sup> no intercambiable del suelo a la planta para el período de crecimiento analizado.

AKNO-I = K<sup>+</sup> absorbido por el ryegrass - AKI

VDL-KI = velocidad de liberación de K<sup>+</sup> intercambiable

VDL-KI = (AKI/t) (MS en g producida en 30 días<sup>-1</sup>)

MS = materia seca

t = tiempo de duración del período analizado

VDL-KNO-I = velocidad de liberación de K<sup>+</sup> no intercambiable.

VDL-KNO-I = (KNO-I/t) (MS en g producida en 30 días<sup>-1</sup>)

Se incluyó el término MS producida en 30 días en la ecuación de velocidad para anular el efecto climático de la experiencia en el cálculo. Los datos de MS acumulada están representados en la Figura 1.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se realizó el análisis de la variancia y se compararon las medias entre cortes, tratamientos y series de suelos.

En la Tabla 2, se presentan las variaciones del KI y KNO-I de las sucesivas cosechas. Las mismas indican diferencias de valores entre el fin y el inicio de cada período de crecimiento. KI y AKNO-I representa la liberación de K<sup>+</sup> producida en el suelo en cada cosecha de ryegrass.

Se producen diferencias, KI, entre las sucesivas cosechas, con los menores valores en la quinta y sexta cosecha excepto para el suelo Marcos Juárez fertilizado. La variación es más alta en los suelos fertilizados, y difiere significativamente entre los suelos con uso agrícola y sus homólogos nativos en todas las cosechas. Las mismas se deben a la extracción de K<sup>+</sup> producida por las raíces y dependen directamente del crecimiento vegetal, que es función de las condiciones climáticas del invernáculo (temperatura y radiación), en cada período de crecimiento y del contenido de K<sup>+</sup> del suelo. Los menores valores de la segunda cosecha están originados por el menor crecimiento del ryegrass, debido a las desfavorables condiciones climáticas en esa época. El especial comportamiento de las cosechas en los suelos fertilizados, se explica por la dinámica de recolocación del K<sup>+</sup> del fertilizante en los sitios del complejo de intercambio (Goulding 1987).

Comparando las dos series estudiadas surge que sus comportamientos son similares. Tanto la serie Marcos Juárez como 9 de Julio presentan mayor variación de KI en los suelos nativos que los cultivados, siendo esto más notorio en las últimas cosechas. Ambas series presentan las variaciones más altas del KI en el tratamiento fertilizado.

En la Tabla 2, se presentan los valores de KNO-I para todas las cosechas. El patrón de comportamiento de esta variable es distinta al AKI, presentando mayores valores de desorción en los suelos con agricultura que en los nativos. Hay valores nulos de AKNO-I en las primeras cosechas de los suelos nativos de ambas series, ya que el mismo aparece sólo cuando las demandas nutricionales del ryegrass en crecimiento, no son completadas por el KI. El AKNO-I aparece en las últimas cosechas de los suelos



Tabla 2. Variación de KI y KNO-I (mg K<sup>+</sup> 100 g<sup>-1</sup> suelo) en los sucesivos cortes de ryegrass

Cosechas		1	2	3 + 4	5 + 6
<b>Marcos Juárez</b>					
Nativo	Δ KI	-28,4aA	-10,8bA	-36,3cA	-7,2dA
	Δ KNO-I	0aA*	0aA*	-16,3bA*	-8,5cA*
Agricultura	Δ KI	-22,6aB	-6,0bB	-23,2aB	-0,48cB
	Δ KNO-I	+35,8aC*	+26,2bC*	+22,0cC*	+21,8cB
<b>9 de Julio</b>					
Nativo	Δ KI	-30,5aA	-11,9bA	-46,0cA	-8,4bA
	Δ KNO-I	0aA*	0aA*	-1,2bA*	-1,7cA*
Agricultura	Δ KI	-16,1aB	-9,6bB	-19,6bB	-2,3dB
	Δ KNO-I	-3,8aB*	-4,3aB*	-19,6bB*	-4,3aB*
Agricultura + K	Δ KI	-54,8aC	-42,4bC	-84,6cC	-39,3bC
	Δ KNO-I	+23,4aC*	+22,5aC*	+18,0bC*	+13,7cC*

Valores numéricos seguidos de letras distintas significan diferentes estadísticas  $P < 0,05$ . Letras minúsculas: comparaciones entre hileras. Letras mayúsculas: comparaciones entre columnas para Δ KI. Letras mayúsculas con \*: comparaciones entre columnas para Δ KNO-I. Las comparaciones se realizaron en cada serie por separado

nativos y en los suelos cultivados sin fertilizar. El efecto de la liberación del AKNO-I ante la disminución de la concentración de K<sup>+</sup> en solución, se produce cuando el gradiente de difusión de K<sup>+</sup> llega a niveles críticos de KI-mínimo (Conti *et al.* 1993). En los suelos fertilizados no existe liberación del KNO-I nativo, por el contrario, se produce un aumento debido a la fijación parcial del K<sup>+</sup> del fertilizante en los minerales de los suelos.

De la comparación entre las dos series estudiadas surge que en los suelos sin fertilizar, la serie Marcos Juárez presenta mayor extracción de KNO-I que la serie 9 de Julio en todas las cosechas; tanto en el suelo nativo como en el de uso agrícola. Tal comportamiento, se explica por la presencia de mayor porcentaje de illita en arcillas; y micas del tipo muscovita en el limo de la serie Marcos Juárez (Zubillaga, Conti 1994).

Las Figuras 2 y 3, presentan los datos del cálculo de las velocidades de liberación de KI y KNO-I de las series y tratamientos ensayados. La velocidad de liberación diaria, fue calculada como se indicó anteriormente. Para el cálculo de la velocidad de liberación de KI no fue contemplada la posibilidad que existiera una situación de reacomodación del KI desde el KNO-I, ya que se consideró adecuado estimar la velocidad como un grado de disponibilidad total del KI, sin hacer particiones de su origen. Los valores de VDL-KI disminuyen de la primera a la sexta cosecha en todos los casos excepto para la serie Marcos Juárez fertilizada. Los suelos nativos presentan

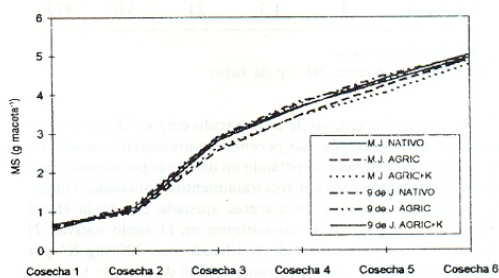


Figura 1: Materia seca acumulada

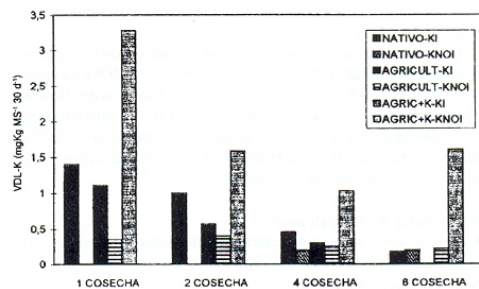


Figura 2. Velocidad de liberación de potasio. Serie Marcos Juárez

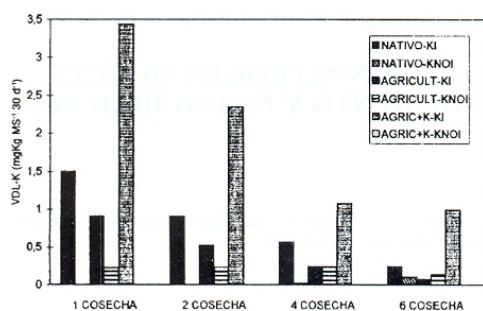


Figura 3. Velocidad de liberación de potasio. Serie 9 de Julio

valores superiores a sus homólogos con agricultura.

En los suelos fertilizados los AKI para la misma cosecha (Tabla 2), tienen valores muy superiores a los que no recibieron aporte de potasio. Estos AKI son mayores a las necesidades de crecimiento del ryegrass y corresponden a la dinámica de solubilización - fijación del fertilizante agregado. Debido a ello, las velocidades de liberación de KI de los suelos fertilizados presentan valores muy altos. Se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), entre las cosechas y entre los tratamientos (nativo, agricultura y fertilizado), pero no entre series. Esto quiere decir que ambas series pueden considerarse de comportamiento similar, no siendo responsable de la VDL-KI, el contenido de CO, ni el porcentaje de arcilla, ni los minerales presentes en el suelo. La diferencia en VDL-KI se explicó por el contenido inicial de KI previo a cada período de cosecha. Se encontró una alta correlación ( $r^2 = 0,82$ ) entre la VDL-KI y el valor inicial de KI de cada cosecha para ambas series.

Las Figuras 2 y 3, presentan también los valores de VDL-KNO-I. En este caso el análisis estadístico destaca diferencias significativas entre cosechas y suelos (nativos y cultivados) para las series estudiadas. En los suelos fertilizados no se calcularon los datos de VDL-KNO-I, debido a que el VDL-KI satisfizo la demanda del ryegrass en crecimiento. Ambas series presentaron distinto comportamiento de VDL-KNO-I, siendo mayor la velocidad de la serie Marcos Juárez que la de 9 de Julio. La diferencia está relacionada a la mineralogía que presentan ambos suelos. La presencia de mayores contenidos de illita en arcilla y de micas en limo de la serie Marcos Juárez, motivó la mayor VDL-KNO-I de ese suelo, al aumentar las demandas nutricionales del cultivo (Zubillaga, Conti 1994). Los patrones de velocidad de liberación encontrados en cada serie sin fertilización en VDL-KI, están relacionados al contenido de KI previo a cada cosecha, y en VDL-KNO-I, a la riqueza de micas y arcillas illíticas en su mineralogía.

El tratamiento de fertilización produce grandes

cambios en el comportamiento dinámico del  $K^+$ , tanto en lo referente a VDL-KI como a VDL-KNO-I. La fertilización produjo aumento en KI y esto ocasionó altos valores de VDL-KI en el período de las 6 cosechas estudiadas. En ambas series los aumentos superaron en más del 100% las velocidades de cada cosecha, terminando en el último con VDL-KI equivalentes o superiores a las iniciales de los suelos cultivados de cada serie. En las sucesivas cosechas el valor de AKNO-I, manifestó la reubicación del  $K^+$  agregado inicialmente. La fertilización mantuvo el KI en valores superiores al KI-mínimo (Marchi *et al.* 1994), por lo tanto el KNO-I no se movilizó en todo el ensayo. Este particular comportamiento hizo que no se produjera liberación de AKNO-I ni VDL-KNO-I en ninguna de las dos series.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue subsidiado por el Instituto Internacional de la Potasa.

#### REFERENCIAS

- Conti M E, de la Horra A M, Marchi A A, 1993. Efecto del Laboreo en la dinámica del potasio en suelos de la Región Pampeana Argentina. XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Tomo II :607-614
- Conti M E, 1994. Fertilización en trigo, siembra directa y convencional. Conferencia organizada por la Fundación Facultad de Agronomía: 16-25
- Chapman H D, 1965. Cation Exchange Capacity. In Black C.A. *et al.* ed. Methods of soil analysis. Part 2. Ed. Agronomy 57:891-901
- De la Horra A M, 1990. Régimen del potasio en suelos agrícolas de la República Argentina. Tesis EPG FAUBA para Magister Scientiae en Ciencias del Suelo
- Goulding K W T, 1987. Potassium fixation and release. Proceeding of the 20th Colloquium of International Potash Institute: 137-154
- Knudsen D, Peterson A, Pratt P F, 1982. Lithium, Sodium and Potassium. In Page, A.L. Ed. Methods of Soil Analysis part II, second edition. Ed. Agronomy 13: 234-238
- Marchi A A, Conti M E, Gonzalez M G, de la Horra A M, 1994. Potasio intercambiable mínimo en molisoles de la Región Pampeana Argentina. Agrochimica (En Prensa)
- Nelson D W, Sommers L E, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In Methods of Soil Analysis. Part 2 (A.L. Page, H. Miller and D.R. Keeney, Eds.) 2nd Edn, Agronomy 9, pp. 539-579. American Society of Agronomy, Madison
- Sparks D L, 1987. Potassium dynamics in soils. Advances in Soil Science Vol.6:1-63
- Zubillaga M M, Conti M E, 1994. Importance of the textural fractions and its mineralogic characteristics in the potassium contents of several different argentine soils. Comm. in Soil Sc. and Plant Anal. 24: 479-487