

El Potasio (K) en la producción de cultivos de invierno

Adriana García Lamothe¹, Andrés Quinke¹

Todo ser vivo requiere de potasio (K), las plantas particularmente lo necesitan para regular la presión osmótica y activar encimas. En cereales la deficiencia de K reduce el crecimiento, retrasa la maduración y aumenta la susceptibilidad de la caña al quebrado o al vuelco, además reduce la tolerancia a enfermedades y plagas y la respuesta a nitrógeno, lo que impide la expresión de los potenciales de rendimiento.

Deficiencia de Potasio

El síntoma de deficiencia de K se expresa como un quemado en las hojas más viejas que empieza desde la punta y avanza hacia la base por los márgenes de la hoja. Primero aparece en las hojas viejas porque el K es móvil dentro de la planta y ante una deficiencia es redirigido hacia los órganos en crecimiento.

En Uruguay hasta una década atrás era raro encontrar deficiencia a K debido a: 1) el material geológico que originó gran parte de los suelos es rico en minerales con K (micas, feldspatos, etc.), 2) es escaso el lavado del catión en suelos de textura de media a fina con alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), 3) es baja la remoción de K de los cereales, los cultivos dominantes en los sistemas tradicionales de producción, y además la rotación con pastura permite que el pastoreo con animales devuelva parte del K extraído en las deyecciones; y vinculado a ese punto, un uso menos intensivo del suelo (barbechos) y menor potencial de rendimiento.

Actualmente la reestructuración de los sistemas de producción caracterizada por la intensificación, más agricultura continua y menos pasturas pastoreadas, la generalización de la siembra directa y el predominio territorial de un cultivo muy extractivo como la soja, sumado al corrimiento de la frontera agrícola hacia suelos marginales de textura más gruesas y niveles de K intercambiable naturalmente más bajos, son las causas más probables de la aparición cada vez más frecuente de síntomas de deficiencia de K en cultivos.

En la figura 1 se muestra como ha sido la caída del K intercambiable en algunos suelos agrícolas del país en relación al contenido presumiblemente original de la referencia sin agricultura. Las letras representan diferentes ambientes edáficos.

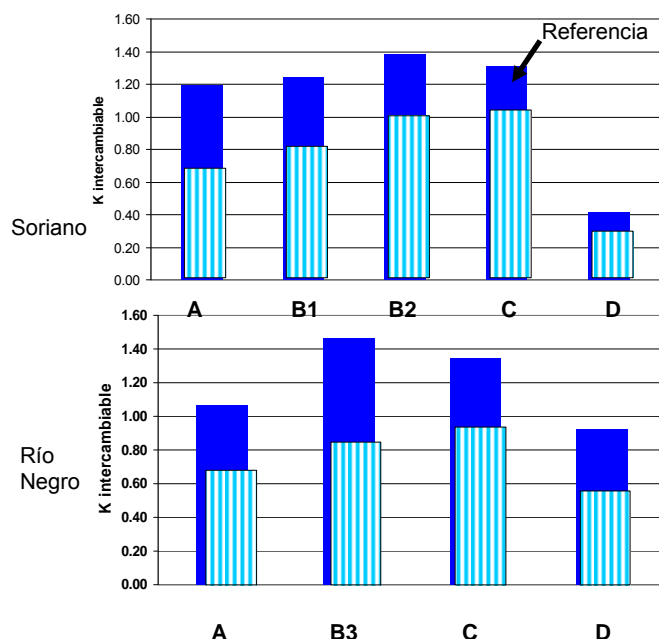


Figura 1. El uso agrícola según ambientes edáficos: Efecto sobre el K intercambiable.

¹ Ing. Agr., Programa Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela

Los suelos más deficientes en K serán los más livianos, de pH alcalino, ricos en carbonatos, y también los que presenten problemas de drenaje en estado natural.

Requerimientos de Potasio de los cultivos

En un cultivo tanto la paja como el grano contienen K tomado de la solución del suelo, pero mientras el de la paja puede permanecer en el suelo y reciclarse, el del grano se pierde con la cosecha. La proporción entre el K que se encuentra en la paja y el que se encuentra en el grano es variable entre cultivos. El extraído por los granos de cereales es relativamente bajo comparado la extracción de K de las oleaginosas como la colza o la soja (cuadro 1).

La cantidad de K que extrae la cosecha de un cultivo constituye una advertencia a tener en cuenta, pero por si sola no es determinante de los requerimientos de fertilización. La mayoría de los suelos de las regiones de pastizales naturales como Uruguay contiene alto nivel de K y poder de suministro del nutriente como para satisfacer las necesidades de cultivos por muchos años, pero los suelos marginales deben ser fertilizados con K para mantener una adecuada nutrición y rendimiento.

Cuadro 1.

	grano	paja
Trigo	4	15
Maíz	4	15
Sorgo	4	17
Avena	3	17
Girasol	6	23
Colza	28	37
Soja	19	20

Fuente: INPOFOS. IPNI NorthCentral-USA.

El K en el suelo

El K existe en el suelo en cuatro formas cada una de ellas con diferente disponibilidad para los cultivos. Estas son en orden creciente de disponibilidad: el K mineral, el no intercambiable, el intercambiable y el presente en la solución. La importancia relativa de cada una de ellas depende de la mineralogía.

El K está sujeto fuertemente en los minerales como el feldespato y las micas, resistentes a la meteorización. El K fijado o no intercambiable está presente dentro de las capas de cierto tipo de arcilla, el menor tamaño de esas partículas hace que la liberación de K sea más fácil. Debido a la extracción de K de los cultivos, y al lavado, ocurren transformaciones entre las formas de K donde el estado de equilibrio estable es difícil se logre, sino que se trata de un equilibrio dinámico (Fig. 2).

Las plantas toman K⁺ de la solución del suelo por lo que, la concentración de K en solución depende del cultivo y de su tasa de crecimiento. La efectividad del K en solución es controlada por la presencia de otros cationes, en especial Ca y Mg.

El K se mueve en el suelo por difusión y flujo de masa, esta última vía requiere movimiento de agua. La difusión responde a un gradiente de concentración del K y movimiento del nutriente en las delgadas láminas de agua que rodean las partículas del suelo, es afectada por las condiciones ambientales, la tortuosidad, la temperatura, entre otros factores. En muchos suelos la difusión constituye el mecanismo principal de acceso al K (80 a 95 %).

K en el Suelo

- Las plantas toman K^+ de la solución del suelo, en equilibrio con el K intercambiable (CIC) que repone al que desaparece de la solución

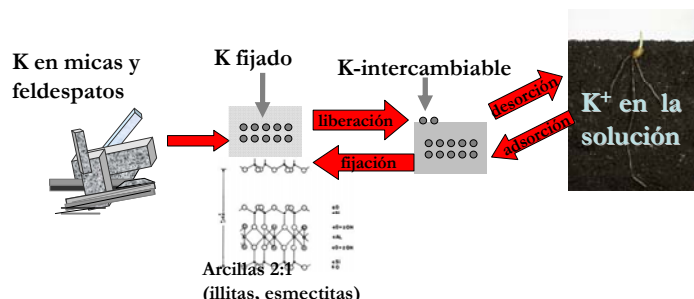


Figura 2. Dinámica del K en el suelo.

Determinación de Disponibilidad

Se puede determinar la necesidad de K de un cultivo a través del análisis de suelo. Con ese fin en Uruguay la respuesta a K se ha relacionado con la cantidad de K extraíble con acetato de amonio (K-intercambiable) (ej. Fig. 3). Las primeras referencias se publicaron en la guía de fertilización de cultivo (MGAP, 1973). Allí se señalaba a 0.3 meq. de K-int/100 g de suelo como nivel crítico, por encima de él era poco probable hallar respuesta. Estudios posteriores de Facultad de Agronomía sugirieron un nivel crítico más bajo, y diferente para suelos livianos y pesados. En la actualidad ese valor está siendo revisado y se aproxima más al primero (0.34 meq./100 g de suelo) (Barbazán et al. 2011). Recientemente en trigo y cebada se ha encontrado respuesta a K incluso con niveles mayores de K intercambiable, si bien el efecto más significativo se ha observado en suelos arenosos con valores de K-int entre 0.3 y 0.4 meq/100g de suelo (García Lamothe y Quincke, 2009). En esos casos un agregado de 100 kg de KCl (50 % de K) ha sido suficiente para lograr el máximo rendimiento de los cereales de invierno.

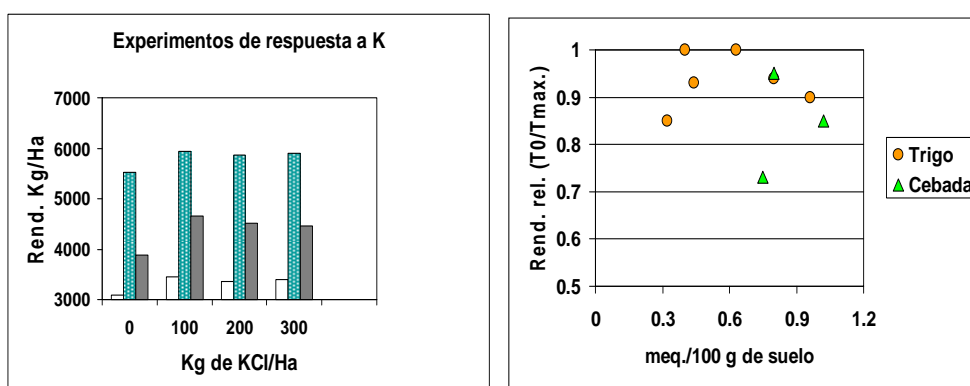


Figura 3. Ejemplo de experimentos realizados para determinar nivel crítico de K.

¿Por qué es posible encontrar respuesta a K con altos niveles de K-int. en el suelo?

Se ha sugerido efecto del Cloro en el rendimiento de cereales. Investigaciones en EEUU y Argentina lo han verificado en trigo, pero Uruguay parece no haberlo, aunque es sabido que el cloro puede actuar en la supresión de enfermedades. Otras investigaciones sugieren que ocurre porque el suelo está muy frío o muy denso y la difusión del K entonces es demasiado lenta. Esa

hipótesis ha promovido la aplicación de K a la siembra en cultivos de invierno en varias regiones como forma de asegurar su disponibilidad para el cultivo. En Uruguay se ha observado una relación entre la respuesta a K y la compactación del suelo. Un suelo compacto tiende a responder a la aplicación del nutriente aunque su nivel en el suelo sea adecuado. (Fig. 4)

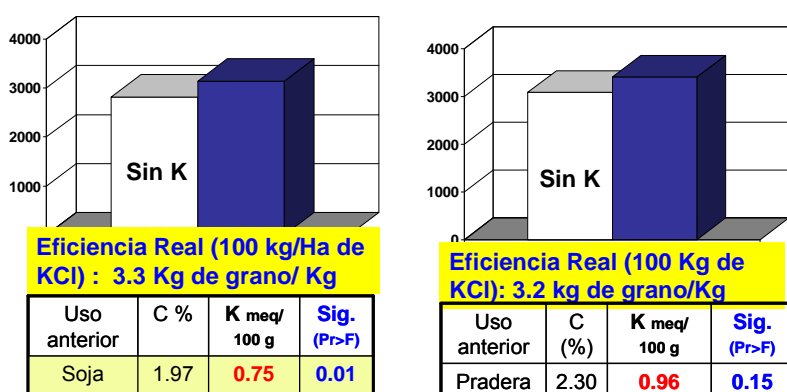


Figura 4. Respuesta a K en trigo en suelos con niveles adecuados de K intercambiable.

¿Cómo determinar la cantidad de K a aplicar?

Si bien el tema requiere de más investigación, la generada en los últimos años en INIA La Estanzuela permite sugerir una guía preliminar para recomendaciones de fertilización de trigo y cebada (Cuadro 2).

Cuadro 2. Recomendaciones tentativas de aplicación de KCl (kg/ha) con base al nivel de K intercambiable en el suelo

K-int (meq./100 g en 15 cm de prof.)	Trigo y cebada	
≤ 0.15	Muy deficiente	160
0.16 – 0.25	Deficiente	120
0.26 - 35	Moderadamente deficiente	80
0.36-0.45	Marginal	40
> 0.46	Adecuado	0

*Más de 30 kg/ha para cereales no se deben aplicar con la semilla para evitar el daño por efecto salino del KCl. Con dosis más bajas aplicar el KCl con la semilla puede ser más efectivo que hacerlo en bandas o al voleo.

En suelos marginales la fertilización debería considerar además la cantidad de K extraída por el cultivo.

Es probable que la mayoría de los suelos agrícolas de Uruguay deficientes en K caigan dentro de la categoría moderadamente deficientes, en ese caso la respuesta máxima podría rondar los 80 kg/ha de KCl (42 kg de K). Debe tenerse presente que suelos con alto nivel de K (> a 1 meq./100 g) agregar K frecuentemente a tendido a reducir el rendimiento.

En general la cantidad de K requerida para incrementar 1 mg por kg de suelo (0.026 meq/100 g) de K intercambiable puede variar entre 1 y 50 o más kg de K/ha dependiendo del suelo. Esta diferencia se debe en parte a las diferencias en potencial de fijación de K de los suelos en función a su mineralogía. No obstante parte de ese K fijado puede ser posteriormente liberado para los cultivos aunque su liberación puede ser demasiado lenta para altos potenciales productivos.

Un problema que presenta la fertilización potásica en suelos deficientes fertilizados con altas dosis de KCl es que los análisis posteriores no reflejan la mayor disponibilidad de K en el suelo (Bautés, com. personal), que en cambio sí demuestra la falta de respuesta vegetal a K. De

modo que hay mayor disponibilidad de K no detectada por el análisis, y en ese caso sería recomendable guiarse por la respuesta vegetal.

Fertilizantes potásicos

Cuadro 3. Fuentes de K.

Nombre	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
Cloruro de potasio	0	0	60	0
Sulfato de potasio	0	0	50	18
Nitrato de potasio	13	0	37	0

La característica general de las fuentes de K es la solubilidad. La fuente más económica es el cloruro de potasio (KCl) y como las fuentes son de similar eficiencia en disponibilidad para el cultivo, la elección de una u otra se basa en el costo. El sulfato de potasio (K₂SO₄) con 42 a 44 % de K podría ser la fuente ideal porque también aporta S al cultivo, si el precio fuese comparable al del KCl. El nitrato de potasio tiene 37 % de K pero un costo de producción mayor.

La fuente más usada de K es el KCl. El fertilizante proviene de la silvita mineral extraído principalmente de Canadá, Rusia y Bielorusia. Su precio Fob. En marzo del 2012 era Vancouver era U\$ 480 la tonelada. La rentabilidad de fertilizar con K dependerá de la relación insumo: producto pero en general cuando ha habido respuesta ha sido rentable aplicar K.

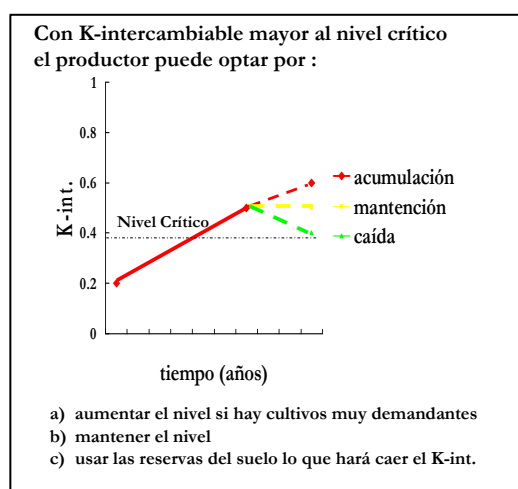


Figura 5. Opciones de manejo de la fertilización potásica.

Métodos de aplicación de Potasio

La absorción de K depende principalmente de la intercepción del K con las raíces por consiguiente una ubicación del fertilizante en el suelo cercana a la semilla suele ser más efectiva que al voleo siempre que la dosis no sea muy alta como para dañar la germinación y a la plántula. En un suelo de textura media y contenido de humedad normal la cantidad total de fertilizante agregado junto a la semilla no debería exceder 200 kg/ha y la de N más K₂O los 50 kg/ha, si el fertilizante va a ser aplicado en una banda estrecha próxima a la semilla. En caso que la banda fuese más ancha podría usarse más cantidad de fertilizante. La **aplicación al voleo** de K antes de la siembra es menos eficiente que en bandas pero puede ser adecuada para cuando se quiera ir levantando en nivel de K del suelo.

Hay que tener presente que son numerosos los factores que controlan la disponibilidad de K en el suelo (cuadro 4).

Cuadro 4. Factores que controlan la disponibilidad de K.

Factores edáficos que la afectan:	Factores relacionados con la planta que la afectan:
<ul style="list-style-type: none">• Mineralogía- (minerales 2:1 > que 1:1)• CIC- suelo pesado > CIC > capacidad de retener K• Cantidad de K-int. en general predice la disponibilidad de K• Capacidad de fijar K• K intercambiable en el subsuelo• Humedad del suelo- (difusión)• Temperatura- > disponibilidad del K > absorción• Aireación- falta de oxígeno > inhibición para la absorción de K• pH -suelo ácido < crecimiento de raíces; subida del pH de 5 a 7: colapsan arcillas y fijan K• Ca y Mg-compiten con absorción de K. El Ca tiene acción represiva sobre el K.• Otros nutrientes – Ej. si es limitante el P o N es < necesidad de K,• SD < disponibilidad del K por compactación < aire y temperatura• Lavado de K – suelos arenosos o inundables	<ul style="list-style-type: none">• CIC de las raíces-• Los cereales tiene < CIC en la raíz responden menos al K que los tréboles con > CIC.• La CIC de las raíces es importante para absorber las formas menos disponibles.• Sistema radical• Variedad o híbrido• Población• Nivel de Rendimiento• Factor tiempo

Consideraciones finales

- La disponibilidad del K es controlada por el equilibrio de diferentes formas (solución ↔ intercambiable ↔ reservas)
- Conocer el nivel de K permite pronosticar la respuesta
- El K llega a las plantas principalmente por difusión
- factores edáficos y vegetales afectan la disponibilidad de K para los cultivos
- El K agregado al suelo puede ser fijado en arcillas expansivas¹
- Los cultivos varían en su habilidad para tomar K del suelo
- Si la fertilización N-P es adecuada mayor es el requerimientos de K, si el K es insuficiente puede reducir la respuesta a N
- La agricultura intensiva requiere agregar K al suelo pues la tasa de liberación desde las reservas es menor que la de extracción de los cultivos
- El lavado de K es importante en suelos arenosos o inundables
- La deficiencia de K reduce la productividad y por lo tanto en el largo plazo contribuye a promover la caída de la MO del suelo.

Bibliográfica consultada

- Agrociencia Uruguay v.15 n.2 Mdeo. dic. 2011. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. M. Barbazán Mónica, C. Boutes, L. Beux, M. Bordoli, J.D. Cano, O. Ernst, A. García, F. García, A. Quincke.
- Jornada de Cultivos de Invierno INIA, Abril 2009, Mercedes, Soriano UY. Act. de difusión no. 566. Respuesta a cloruro de potasio (KCl) en trigo y cebada. p 13-18. A. García Lamothe, A. Quincke, S. Pereyra y M. Díaz de Ackermann.
- INPOFOS. Informaciones agronómicas del cono sur N° 4. Archivo agronómico N°3 Requerimiento nutricionales de los cultivos. Diciembre 1999:
- Mineral Nutrition of Higher Plants 2nd. Edition H. Marschener A.P. 1995.
- Soil Fertility and Fertilizers 5th Edition S. Tisdale, W.L. Nelson, J.D. Beaton y J.L. Havlin. 1993.