

## Respuesta a Cloruro de Potasio (KCl) en Trigo y Cebada

Adriana García Lamothe<sup>1</sup>, Andrés Quincke<sup>1</sup>,  
Silvia Pereyra<sup>2</sup> y Martha Díaz de Ackermann<sup>3</sup>

### Introducción

Los cereales de invierno integran las rotaciones agrícolas más tradicionales del país siendo la cebada y en especial el trigo los de mayor área de siembra, con un 85 % de su área en siembra directa (SD). Para estos cereales como para cualquier cultivo, el potasio (K) es uno de los 4 nutrientes que se requieren en una cantidad similar a la de nitrógeno (N) o mayor. Mientras que el N es el mayor limitante del rendimiento, por lo común el K no lo es, ya que la mayoría de los suelos agrícolas del país tiene niveles altos de K intercambiable (K-int) debido al material madre sobre el que se desarrollaron. Los niveles críticos comúnmente aceptados se ubican en 0.20-0.25 meq/100g para suelos de texturas medias y en 0.30 meq/100g para suelos más pesados. En los últimos años han aparecido casos de retraso en el crecimiento y desarrollo de las plantas en cultivos, que han sido asociados a deficiencia de K. Además, en una serie de experimentos en chacras de producción comercial en los departamentos de Soriano y Flores, Bautista et. al. (2008) comprobaron que el agregado de KCl puede producir marcadas respuestas en rendimiento en suelos desarrollados sobre Areniscas Cretácicas.

Durante la última década la producción agrícola regional y nacional se ha intensificado, lo que conlleva a una alta extracción de nutrientes. Después de muchos años de agricultura, incluso suelos de texturas medias (originalmente ricos en K-int) empiezan a mostrar evidencia de insuficiencia de K. El mencionado efecto de este nutriente sobre la resistencia a enfermedades y plagas (Huber and Arny, 1985; Marschener, 1995) y la necesidad casi ineludible de estrategias de control sanitario en sistemas intensivos de producción abre la interrogante respecto a la posible interacción entre la disponibilidad de K y la eficacia de tratamientos de control químico de plagas y enfermedades.

Por otro lado productores y técnicos han observado que el valor de análisis de K-int no siempre es consistente con la respuesta al nutriente, de modo que el nivel crítico podría ser mayor a 0.3 meq./100 g de suelo. Considerando la evolución en los potenciales de rendimiento de la mayoría de los cultivos y sus requerimientos nutricionales, y la intensificación agrícola, es posible que eso sea cierto. A su vez han habido cambios importantes en la tecnología de producción, quizás el de mayor impacto es la siembra directa (SD), que altera la condición física del suelo y el medio en el que crecen las raíces, lo que puede afectar la absorción de K.

Con SD el suelo tiende a compactarse debido al movimiento de maquinaria, cada vez de mayor tamaño y el creciente número de operaciones, el pastoreo animal, y las propias condiciones del clima. La compactación tiene efecto adverso sobre el crecimiento de las raíces. Martino y Shaykewich (1994) han establecido una resistencia crítica de 2 MPa para la penetración radical independientemente de la textura del suelo. No obstante con resistencias a la penetración del doble se ha visto que las raíces aún crecen (datos sin publ. 2008). Zou *et al* 2001 explican que ese crecimiento ocurre a través de canales naturales, pero igualmente han determinado que para un mismo contenido de agua el alargamiento de las raíces cae exponencialmente al aumentar la compactación del suelo. Ese efecto reduciría la biodisponibilidad de K, a pesar de que el K-int generalmente aumenta en profundidad.

Este trabajo se realizó para explorar la respuesta a K en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de producción y propiedades físicas y químicas, y verificar la validez actual del nivel crítico de referencia de 0.3 meq/100 g de suelo para la producción de trigo y cebada, o si la interacción con alguna propiedad del suelo podría explicar las inconsistencias observadas en algunos años y sitios entre el nivel crítico y la respuesta al nutriente. Por último evaluar el efecto del K sobre la incidencia de enfermedades en los cultivos de invierno responsables de importantes pérdidas de productividad asociadas al clima y que ante las perspectivas del cambio climático es de esperar incrementen.

<sup>1</sup> Suelos, INIA La Estanzuela.

<sup>2</sup> Ing. Agr. MSc. PhD. Protección Vegetal, INIA La Estanzuela.

<sup>3</sup> Ing. Agr. MSc. Protección Vegetal, INIA La Estanzuela (hasta abril 2011).

## Materiales y métodos

### Experimentos 2008

Se instalaron 9 experimentos, 6 con trigo y 3 con cebada cervecera y SD sobre diversos rastrojos, en los departamentos de Colonia, Soriano y Río Negro. Se tomaron en cada sitio muestras compuestas de 20 tomas en los 0-15 cm de profundidad previo a la aplicación del fertilizante, las que se analizaron para propiedades químicas y físicas del suelo (cuadro 1).

Los tratamientos consistieron en una única aplicación superficial de 3 niveles de KCl (0, 100, 200 y 300 Kg/Ha) post-emergencia (2-4 hojas). El diseño utilizado fue de bloques al azar con 3 repeticiones. El tamaño de parcela de 6 m de largo por 2 de ancho.

### Determinaciones

Resistencia a la penetración con penetrómetro de cono (soil-test). Concentración de K en plantas a Zadoks 3.0-3.2 y en el suelo en tratamientos con y sin agregado de KCl.

Rendimiento en grano calculado a partir de la cosecha de 8 m<sup>2</sup>/parcela y componentes de rendimiento en 2 m lineales a madurez fisiológica y proteína en el grano.

Lectura de enfermedades que debido a las condiciones climáticas del año (seco) se registraron sólo temprano en un ensayo de cebada tendiendo luego a desaparecer.

A los efectos de esta publicación sólo se presentan los datos de rendimiento en grano.

En todos los casos el fósforo se corrigió a la siembra para que no fuese limitante (< a 18 mg/kg) y una dosis baja se aportó a la siembra con el fertilizante binario (N-P) y posteriormente se aplicaron dosis fijas, de 30 kg/ha a inicio del macollaje (Z 2.2) y 60 kg/ha a fin del macollaje (Z 3.0) en trigo y 30 kg/ha a Z 2.2 y 30 a Z 3.0 en cebada. El control de malezas se realizó con Glean en todos los casos y Hussar cuando fue necesario. No hubo casi ataque de insectos plaga y en ningún caso se aplicó fungicida para no enmascarar un posible efecto del KCl sobre el estado sanitario de los cultivos.

**Cuadro 1.** Uso anterior, principales propiedades de suelo y significación estadística de la respuesta a KCl en 6 sitios experimentales de trigo en 2008.

Sitio Exp.	Uso anterior	C org. (%)	Textura	K meq/100g	Rend. Control kg/ha	Sig. (Pr>F)
EELE-1 Chacra 1b	Pradera	2.30	franco-arcillosa	0.96	3084	0.15
EELE-2 Chacra 20	Soja	1.91	franca	0.63	5763	NS
Dolores- Ruta 105	Soja	1.64	franca	0.80	5064	0.21
Young -1 Ruta 3	Soja	2.28	franco-arcillosa	0.44	5515	0.09*
Young -2 UDYL	Pradera	2.33	franco-arenosa	0.40	3392	0.18
Young -3 (forestal)	Avena	1.81	arenosa	0.32	3880	0.09*

**Cuadro 2.** Uso anterior, principales propiedades de suelo y significación estadística de la respuesta a KCl en 3 sitios experimentales de cebada en 2008.

Sitio Exp.	Uso anterior	C org. (%)	Textura	K meq/ 100 g	Rend. Control Kg/ha	Sig. (Pr>F)
EELE-Chacra 43	Soja	1.97	franca	0.75	2533	0.01
Palmitas Ruta 2	Soja	2.01	franca	1.02	2814	0.15
Dolores Ruta 105 *	Soja	1.64	franca	0.80	4900	NS

El análisis estadístico se hizo mediante un procedimiento de SAS (GLM) y la separación de medias con MDS.

## Resultados y Discusión

El clima durante el ciclo del cultivo fue atípico con marcado déficit hídrico, más severo en Soriano (precipitaciones de aprox. 25 % de la media histórica). Debido a ese hecho fue irrelevante la incidencia de enfermedades a hongos, pero en cambio algunos sitios vieron reducido el rendimiento potencial por la escasez de agua a floración.

Si bien las enfermedades no tuvieron casi incidencia y el efecto del Cl estaría más relacionado a la resistencia a éstas (Christensen et al. 1981; Engel y Grey, 1991;), se ha encontrado respuesta al elemento en trigo (Diaz Zorita *et al.* 2004;) de modo que las curvas de respuesta se ajustaron en función de las dosis de KCl usadas y no de K.

En 2 de los 6 experimentos de trigo hubo respuesta a KCl sig. a  $P < 0.10$  (Young-1 y Young-3). El % de K en plantas a Z 3.0 en el control sin KCl fue 1.39 y 1.80 respectivamente, valores deficitarios según el manual de interpretación de análisis de plantas de CSIRO 1997. El control en 3er sitio de Young fue 2.7 % de K. Sólo un caso no mostró siquiera una tendencia del fertilizante a incrementar el rendimiento (chacra 20 de EELE, campo de riego), el K en plantas a Z 3.0 fue 3.04 % en el tratamiento control y el rendimiento promedio fue 5.7 ton/Ha (MDS= 795 Kg/ha).

Las condiciones secas del año podrían estar explicando estos resultados. El K llega a las raíces por flujo de masa y difusión (Mengel y Kirkby, 1982), este último mecanismo se torna más relevante cuando hay escasez de agua en el suelo y el cultivo se hace así más dependiente del desarrollo de su sistema radical para acceder al K. Por otro lado a medida que un suelo pierde agua la dureza es cada vez mayor (Mathers, et al. 1966) y la firmeza y compactación aumenta la resistencia a la penetración radical (Baver *et al* 1972).

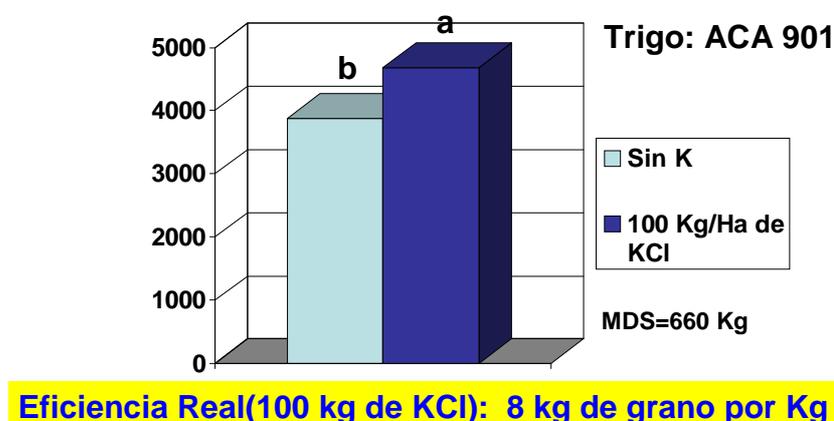
No hubo diferencia significativa de las dosis de KCl sobre el rendimiento en grano. En otras palabras, la dosis más baja (de 100 kg/ha de KCl) fue suficiente para alcanzar el máximo rendimiento, lográndose con ella valores de K en plantas dentro del rango considerado como adecuado, cercanos o mayores a 3 %. La escasa significación estadística de los tratamientos puede estar explicada por ese hecho ya que las MDS muestran diferencia entre los controles y los tratamientos con KCl a pesar del resultado del ANOVA.

En cebada en 2 sitios el KCl tendió a aumentar la producción de grano. Es sugerente que en el que no se observó tendencia hubo ataque temprano de hongos (principalmente mancha en red tipo spot, causada por *Drechslera teres* f. sp. *maculata*), registrándose una mayor severidad en el control sin KCl. Ese efecto se diluyó al avanzar el ciclo del cultivo (Cuadro 3).

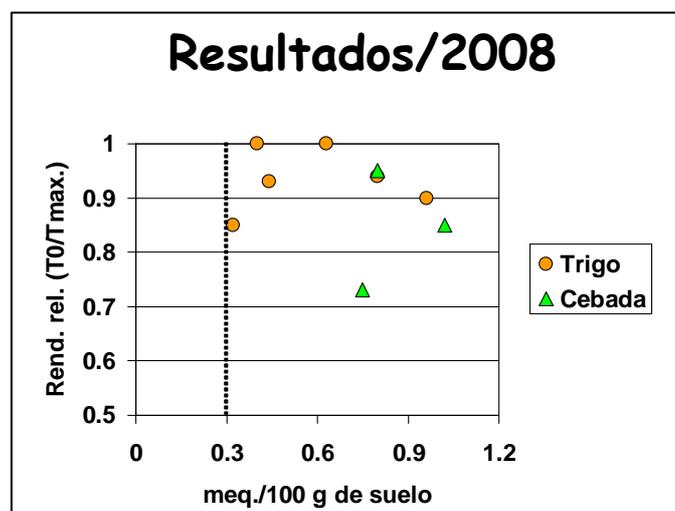
**Cuadro 3.** Nivel de mancha en red tipo spot (MRTS) y roya de la hoja (RH) en dos momentos del ciclo del cultivo en tratamientos control y promedio con KCl.

	24 de setiembre MRTS (%)	EV: HB- embuche RH (%)	30 de octubre MRTS (%)	EV: LP-PB RH (%)
<b>Control sin KCl</b>	14.5	2.5	52.5	8.5
<b>Tratamientos con KCl</b>	7.8	2.5	42.9	11.0

Dado el costo del KCl que en el 2008 ronda los U\$800 la tonelada parece justificado ajustar la curva de respuesta con dosis menores, ya que sólo en un caso aplicar 100 kg/ha fue económicamente rentable obteniéndose 8 kg de grano por kg de KCl agregado, para una relación de precios insumo:producto = 4 (figura 1).



Sitio Exp.	Uso anterior	C org. (%)	Textura	K meq/ 100 g	Sig. (Pr>F)
Young -3 (forestal)	Avena	1.81	arenosa	<b>0.32</b>	<b>0.09*</b>

**Figura 1.** Incremento en rendimiento logrado con la aplicación de 100 kg de KCl/Ha en un suelo arenoso con un contenido marginal de K-int (0.32 meq./100 g de suelo).**Figura 2.** Rendimiento relativo expresado como el rendimiento del control (T0) respecto al máximo obtenido (Tmax) con la aplicación de KCl.

En un solo sitio la respuesta en grano fue significativa al 5 % de probabilidad y se trató de un suelo con un nivel adecuado de K-int (0.75 meq./100 g de suelo) pero de mala condición física, lo que podría haber afectado el crecimiento de raíces de cebada (Baver et al, 1972; Unger et al. 1994) y la pobre exploración del suelo no haber permitido se cubriera la necesidad de K del cultivo. El valor de K determinado en los tejidos vegetales en este caso fue no obstante alto (3.3 %) posiblemente atribuible a que la biomasa fue notoriamente reducida. Como el K tiene efecto sobre la eficiencia de uso del agua, resulta difícil identificar en estos casos cual es la causa y cual el efecto.

Este resultado y en general los que mostraron que a pesar de un nivel de K-int adecuado hubo una tendencia a incrementar la producción de grano (figura 2) con el agregado de KCl, sugieren que predecir ajustadamente el aporte de K de un suelo requiere más que el dato de análisis químico de K-int. Respecto al suelo, el contenido de agua disponible, la densidad aparente, la porosidad, el volumen explorable por las raíces parecen datos importantes a considerar, que además están asociados al riesgo de ocurrencia de estrés hídrico. Probablemente también algunos relacionados con el cultivo como la biomasa, la tasa de crecimiento de raíces deberían tenerse en cuenta.

El hecho que con valores de K-int relativamente altos igual se encuentre respuesta a K pareció relacionado no sólo a la falta de agua sino también a restricciones físicas en los suelos al crecimiento de las raíces, en realidad ambos son interdependientes. Si no hubiera restricciones las raíces podrían penetrar el subsuelo y acceder a más agua y a más K en profundidad.

## Conclusiones

Para las condiciones de este año en que los resultados fueron afectados por la falta de agua en el suelo pudiendo alterar la dinámica del K y exacerbar el efecto de la compactación sobre el crecimiento de las raíces, se encontró respuesta a KCl con niveles de K mayores a los del nivel crítico tanto en trigo como en cebada. En el 2008 el nivel crítico de 0.3 meq./100 g de suelo habría sido un pobre indicador de disponibilidad de K para el cultivo a la hora de pronosticar la respuesta al nutriente y optimizar el rendimiento haciendo buenas prácticas agronómicas.

Por último, conocer qué ocurre en años húmedos con el nivel crítico es el futuro desafío. Un año con humedad adecuada en el suelo los cultivos podrían llegar a extraer cantidad suficiente de K con un sistema radical bien desarrollado. Pero por otro lado, la presión de enfermedades a hongos sería mayor en ese caso y considerando el efecto del K y del Cl sobre la resistencia cabe la interrogante: ¿Será igual el nivel crítico para producir la máxima cantidad de grano que para mejorar la resistencia a enfermedades y reducir la necesidad de control químico? Y por otro lado: ¿Cuánto del efecto se debe al K y cuánto al Cl, si es que éste tiene algún efecto en nuestras condiciones?

## Citas bibliográficas

- Bautes, C., M. Barbazán y L. Beux. 2008. Fertilización potásica inicial y residual en cultivos de secano en suelos sobre Areniscas Cretácicas y transicionales. In Seminario Técnico "Criterios para la fertilización con fósforo y potasio en sistemas agrícolas. Paysandú, 24 de Julio de 2008. IPNI y Facultad de Agronomía.
- Baver, L. D., W. H. Gardner y W. Gardner. 1972. Soil Physics. John Wiley & Sons, New York. Fourth Edition. 489 p.
- Diaz Zorita M, G.A. Duarte y M. Barraco. 2004. Effects of chloride fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity in the sandy pampas region, Argentina. *Agronomy Journal*, 96:839-844
- Christensen NW, R.G. Taylor, T.L. Jackson y B.L. Mitchell. 1981. Chloride effects on water potentials and yield of winter wheat infected with take- all root rot. *Agron. J.* 73: 1053-1058
- Engel RE y W.E. Grey. 1991. Chloride fertilizers effects on winter wheat inoculated with *Fusarium culmorum*. *Agron. J.* 83: 204-208.
- Huber, D.M. y D.C. Army. 1985. Interactions of potassium with plant disease. In Potassium in Agriculture. Ed. R.D. Munson. Madison, Wisconsin, ASA 467-488
- Marschner H.1995 Mineral Nutrition of Higher Plants Second Edition Academic Press Edition London
- Mathers, A. C., F. B. Lotspeich, G. R. Laase y G. C. Wilson. 1966. Strength of compacted Amarillo fine sandy loam as influenced by moisture, clay content, and exchangeable cation. *Soil Sci. soc. Am. Pro.* 30:788-791.

- Martino, D. L. y C. F. Shaykewich. 1994. Root penetration profiles of wheat and barleys as affected by soil penetration resistance in field conditions. *Canadian Journal of Soil Science*. 74(2): 193-200.
- Mengel K. y E.A. Kirkby. (1982) *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. Bern 655p
- Unger, P. W. y T.C. Kaspar. 1994. Soil compaction and root growth: A review. *Agronomy Journal*, Vol. 86:759 -766.
- Zou, C.; C. Penfold, R. Sand, R. K. Misra y I. Hudson. 2001. Effect of soil air-filled porosity, soil matrix potential and soil strength on primary root growth of radiata pine seedlings. *Plant and Soil*, 236:105-115.