

# RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN MAÍZ PARA GRANO EN SUELOS DEL NOROESTE DE URUGUAY

Juan Diego Cano<sup>1</sup>, Oswaldo Ernst<sup>2</sup> y Fernando García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Rutilan S.A., Uruguay, <sup>2</sup>Facultad de Agronomía – EEMAC, Paysandú, Uruguay, e <sup>3</sup>IPNI Cono Sur [jdcano@adinet.com.uy](mailto:jdcano@adinet.com.uy)

## Introducción

Los suelos de la Unidad Constitución, ubicados sobre el litoral noroeste de Uruguay, son formados a partir de sedimentos livianos de origen fluvial, con presencia frecuente de cantos rodados y, poseen bajos valores naturales de potasio (K) (MGAP, 1976; Hernández, 1992). En consecuencia, a medida que sobre estos suelos se pone a funcionar un sistema de producción intenso y extractivo, es esperable encontrar respuestas al agregado de fertilizante potásico. Asimismo, en la misma región, existen reportes de casos de deficiencia de K en la zona de Concordia (Entre Ríos, Argentina) (Darwich, 1998).

Con el objetivo de evaluar deficiencias y respuestas a la aplicación de K, se llevaron adelante estudios en un predio dedicado a la producción lechera ubicado en el Departamento de Salto, que tiene como estrategia la producción de grano y ensilaje para la alimentación animal, en base a agricultura de secano en rotación con verdeos anuales y praderas permanentes. Los suelos predominantes son Argisoles de la Unidad Constitución. En este predio, en la zafra 2004-05 se manifestaron posibles deficiencia de K en un cultivo de sorgo (Fig. 1). En el verano 2005-06 el problema se repitió en varios cultivos de maíz (Fig. 2), sorgo granífero y sorgo forrajero, en forma generalizada y severa.

Dentro de los campos que presentaron síntomas de deficiencia de K, existían plantas en las cuales no se observaron signos de deficiencias (Figs. 1 y 2). Esta última situación se asoció a sitios que recibieron deyecciones de los animales durante la fase de pastura, recibiendo K, y sin presentar consecuentemente desbalance nutricional en forma general. Los casos que presentaron deficiencias de K se observaron en las hojas inferiores (viejas) con bordes cloróticos que se van necrosando hacia adentro y hojas nuevas sin presentar sintomatología de este tipo.



**Figura 1.** Cultivo de sorgo del establecimiento en la zafra 2004-05.

Los análisis de K intercambiable en suelo de estas situaciones estuvieron entre 0,10 a 0,20 cmol kg<sup>-1</sup>. Estos valores son bajos y presentarían situaciones de respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos de acuerdo a referencias internacionales (Comisión de Fertilidad de Suelo-RS/SC, 1997; Sawyer et al., 2002). En la zafra 2006/07 se llevo a cabo un experimento con el objetivo de estudiar la respuesta del cultivo de maíz al agregado de diferentes dosis de Cloruro de K (KCl) como fertilizante en aplicaciones en el surco y al voleo. Se incluyó un tratamiento con Azufre (S) para estudiar la posible respuesta a este nutriente.

## Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en la zafra 2006/07, sobre un suelo Argisol de la Unidad Constitución, con 1,8% de materia orgánica, 18 ppm de fósforo extractable (Bray I), 26 ppm N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y 0,16 cmol kg<sup>-1</sup> de K intercambiable en los primeros 20 cm del perfil al momento de la siembra. Los tratamientos de fertilización evaluados fueron T1 = Testigo sin fertilización de K y S, T2 = fertilizado con 125 kg/ha KCl, T3 = fertilizado con 125 kg/ha KCl al voleo, T4 = fertilizado con 225 kg/ha KCl, T5 = fertilizado con 125 kg/ha (50% KCl + 50% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Los tratamientos T2, T4 y T5 fueron fertilizados en el surco de siembra alejados 4 cm de la semilla. A su vez, los cinco tratamientos recibieron una fertilización basal de 150 kg/ha de fosfato monoamónico (12-52-0), al voleo previo a la siembra.

El diseño experimental fue de parcelas al azar con tres repeticiones. Las parcelas fueron de 80 metros de largo, por 8 surcos de ancho con una distancia entre hileras de 0,70 m. La siembra se realizó el 12 de Octubre de 2006, con el híbrido Mass 504 MGCL con una población objetivo de 70.000 plantas/ha.



**Figura 2.** Maíz de la zafra 2005-06.

**Determinaciones en el cultivo:**

- Población: se determinó el número de plantas en 10 metros lineales de dos surcos consecutivos.
- Peso seco por planta a V6 – V8: se cortaron y pesaron diez plantas consecutivas del segundo surco de cada parcela.
- Número de plantas con claros síntomas de deficiencia de K a V8: Se contaron las plantas con síntomas de deficiencia de K en 10 metros lineales de dos surcos consecutivos.
- Concentración de K y N en planta en el estado V8: Las plantas muestreadas se secaron a 60° C y se analizó la concentración de N y K.
- Concentración de K y N en la hoja opuesta a la mazorca al estadio R1: Se muestrearon 20 plantas consecutivas del surco central de cada parcela, a las que se les cortó la hoja opuesta a la primer mazorca, se secó a 60° C y se analizó concentración de K.
- Rendimiento en grano: El área de cosecha fue de 14 m<sup>2</sup> por parcela. La cosecha fue manual.
- Peso de mil granos: Se estimó a partir de 3 submuestras de 100 granos tomados de manera aleatoria de la muestra de grano cosechado.

Los datos se analizaron utilizando el modelo de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y se realizó separación de media utilizando la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) con una probabilidad del 5%.

**Resultados**

En la Tabla 1 se caracteriza la condición climática en la que se obtuvieron los resultados. El período previo a la siembra y de siembra hasta R1, se caracterizó por una buena ocurrencia de lluvias. Posterior a R1, las lluvias fueron menores. El suelo en que se instaló el ensayo es de característica superficial, con una baja capacidad de almacenar agua y, por ende, muy dependiente de las precipitaciones.

**Crecimiento y estado nutricional del cultivo**

Los síntomas de deficiencia de K en las parcelas testigo comenzaron a observarse claramente en el

estadio V2 del cultivo de maíz. En V8, el muestreo de plantas con síntomas a nivel visual y el peso seco de las mismas (Tabla 2) mostraron diferencias significativas en las situaciones testigo, con respecto a los tratamientos fertilizados.

Mientras el testigo tuvo más del 88% de las plantas con síntomas visibles de deficiencia de K, los tratamientos fertilizados tuvieron entre un 4,8 y un 13,1% de plantas atípicas, sin diferenciarse significativamente entre sí. El peso seco de plantas mostró resultados similares, diferenciándose significativamente el tratamiento sin fertilizar de los fertilizados. El peso de planta de los fertilizados fue entre 3 y 4 veces mayor. Estas diferencias se manifestaban claramente a campo, como lo muestra la Figura 3.

El estado nutricional (concentración de K y N en planta) en V8 también fue significativamente diferente (Tabla 3). El testigo sin fertilizar fue el de menor concentración de K en planta y, cantidad de K absorbida en parte aérea, aunque sin diferenciarse del tratamiento 3 con 125 kg/ha de KCl al voleo. A su vez, ambos tratamientos fueron los de mayor concentración de N en planta, lo cual posiblemente esté explicado por un menor crecimiento, limitado por la disponibilidad de K, que llevó a una concentración mayor con respecto al resto de los tratamientos evaluados en este trabajo. Aún así, el testigo fue el tratamiento con menor cantidad total de N absorbido, dada su baja acumulación de materia seca.

La mayor dosis de fertilizante potásico, el T4 de 225 kg/ha KCl, fue el de mayor concentración de K en planta y, cantidad de K absorbido por planta, sin diferenciarse del T5 de 125 kg/ha (50% KCl + 50% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). En cuanto a la comparación entre los tratamientos 2 y 3, que difieren en la localización del fertilizante, no difirieron significativamente entre sí, aunque el tratamiento al voleo fue igual al testigo en el %K en planta en V8, y no así el tratamiento en el surco que se diferenció del testigo sin fertilizar, evidenciando un mejor comportamiento de la aplicación al surco.

Los resultados del estado nutricional a R1, estimado como concentración de N y K en la hoja opuesta a la mazorca, se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 1.** Caracterización climática durante el período de desarrollo del ensayo.

| Período             | Precipitaciones (mm) | Temperatura media (°C) |
|---------------------|----------------------|------------------------|
| 30 días pre-siembra | 58,6                 | 18,1                   |
| Siembra a V6        | 238                  | 21,0                   |
| V6 a R1             | 222,8                | 24,1                   |
| R1 más 15 días      | 22,1                 | 27,1                   |
| Total               | 541,5                |                        |

**Tabla 2.** Porcentaje plantas atípicas, y peso seco promedio por planta de cada tratamiento medido en V8.

|   | Plantas con síntomas (%) | Peso seco por planta (g) |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Testigo   | 88,2% b                  | 9,4 b                    |
| 125 kg/ha Cloruro K                                       | 12,0% a                  | 40,3 a                   |
| 125 kg/ha Cloruro K (al voleo)                            | 13,1% a                  | 33,6 a                   |
| 225 kg/ha Cloruro K                                       | 4,8% a                   | 43,3 a                   |
| 125 kg/ha (50% KCl + 50% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 9,8% a                   | 36,7 a                   |

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0,05).

No hubo diferencias entre tratamientos en la concentración de N. Sin embargo, en el % de K, el testigo fue significativamente diferente a los fertilizados y, nuevamente existió una tendencia a mejor comportamiento de los tratamientos de K localizado. Sin embargo, ningún tratamiento logró la concentración crítica de K en hoja de entre 1,7 a 2,5% K citada por Conti y García (2005), lo cual podría mostrar una nutrición potásica insuficiente aún en los mejores tratamientos.

**Rendimiento en grano y peso de grano**

En la Tabla 5 se presenta la respuesta en rendimiento y peso de grano de maíz a la dosis de K y su localización.

Existió una gran diferencia entre los tratamientos que recibieron fertilización potásica, los que superaron los 6200 kg/ha, y el testigo sin fertilizar que rindió 2638 kg/ha. El dato del rendimiento del testigo sin fertilizar se pudo obtener gracias a que la cosecha se hizo en forma manual, ya que si se hubiera hecho con cosechadora no se hubiera podido recolectar el grano, con lo cual las diferencias hubieran sido mayores. En la Figura 4 se observa la situación del testigo a cosecha, con plantas chicas y quebradas, con muchas espigas caídas.

El peso de mil granos mostró también al testigo sin tratar con un peso significativamente menor al resto de los tratamientos. En la Figura 5 se muestran mazorcas del Tratamiento 1, de pequeño tamaño, sin llenar totalmente y

con presencia de granos chicos, sueltos y mal formados. Las mazorcas de los tratamientos fertilizados (T2, T3, T4 y T5), si bien mostraban un aspecto normal, también mostraban síntomas de deficiencia y tuvieron un bajo peso de 1000 granos. Es posible que los distintos tratamientos de fertilización potásica empleados en el ensayo no hayan sido suficientes para lograr una completa nutrición potásica del cultivo, lo que se sustenta por los valores de sub-nutrición obtenidos en R1, y que sea necesario para este tipo de situaciones ir aumentando gradualmente los niveles de K intercambiable del suelo.

La inclusión de S en el T5 no resultó en diferencias en ninguno de los parámetros de crecimiento y en el rendimiento del cultivo.

**Consideraciones finales**

- Se encontró una respuesta significativa al agregado de fertilizante potásico en crecimiento vegetal, concentración de K en planta y rendimiento en grano, en una situación en la que el testigo sin fertilizar no llegó en condiciones de ser cosechado por una cosechadora convencional debido al quebrado de plantas.
- La dosis de 225 kg/ha de KCl obtuvo una mayor concentración de K en planta a V8 que el tratamiento de 125 kg/ha de KCl, sin embargo no se diferenció en %K en la hoja de la espiga en R1 ni en rendimiento en grano.
- A igual dosis de KCl agregada, los tratamientos de fertilización en el surco y al voleo no se diferenciaron

**Tabla 3.** Estado nutricional de la planta en V8.

|  | %N en planta | N absorbido (g N / pl) | %K en planta | K absorbido (g K / pl) |
|--|--------------|------------------------|--------------|------------------------|
| T1 - Testigo   | 3,68 b       | 0,33 b                 | 0,51 d       | 0,05 c                 |
| T2 - 125 kg/ha Cloruro K                                       | 3,01 a       | 1,22 a                 | 1,03 bc      | 0,42 ab                |
| T3 - 125 kg/ha Cloruro K (al voleo)                            | 3,26 ab      | 1,10 a                 | 0,78 cd      | 0,26 bc                |
| T4 - 225 kg/ha Cloruro K                                       | 2,99 a       | 1,29 a                 | 1,43 a       | 0,63 a                 |
| T5 - 125 kg/ha (50% KCl + 50% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 2,96 a       | 1,09 a                 | 1,20 ba      | 0,44 ab                |

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0,05).

**Tabla 4.** Concentración de K y Nitrógeno en la hoja opuesta a la mazorca.

|  | %N en hoja | %K en hoja |
|--|------------|------------|
| T1 - Testigo   | 2,84 a     | 0,38 c     |
| T2 - 125 kg/ha Cloruro K                                       | 2,62 a     | 0,90 ab    |
| T3 - 125 kg/ha Cloruro K (al voleo)                            | 2,78 a     | 0,71 b     |
| T4 - 225 kg/ha Cloruro K                                       | 2,78 a     | 1,03 a     |
| T5 - 125 kg/ha (50% KCl + 50% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 2,71 a     | 1,06 a     |

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0,05).

**Tabla 5.** Rendimiento en grano y peso de 1000 granos.

| Tratamiento  | Rendimiento (kg/ha) | Peso 1000 granos |
|--|---------------------|------------------|
| T1 - Testigo   | 2638 b              | 198,7 c          |
| T2 - 125 kg/ha Cloruro K                                       | 6290 a              | 235,0 b          |
| T3 - 125 kg/ha Cloruro K (al voleo)                            | 6364 a              | 238,3 ab         |
| T4 - 225 kg/ha Cloruro K                                       | 6467 a              | 241,3 ab         |
| T5 - 125 kg/ha (50% KCl + 50% K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 6372 a              | 249,5 a          |

Letras distintas indican diferencia significativa (P<0,05).

en crecimiento, concentración de K y rendimiento. Sin embargo, el tratamiento fertilizado al voleo no se logró diferenciar del testigo sin fertilizar en %K en V8, y no estuvo a la altura de los mejores tratamientos en %K en la hoja de la espiga, lo que sí fue logrado por el tratamiento en el surco.

- No se observó respuesta al agregado de Azufre.



**Figura 3.** Tratamiento de 125 kg/ha de KCl respecto al testigo sin tratar (cultivo en V8).



**Figura 4.** Situación a cosecha del Tratamiento 1 sin fertilizante potásico.

## Referencias

- Comisión de Fertilidad de Suelo–RS/SC.** 1997. Recomendaciones de adubacao e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. SBSCS, Nucleo Regional Sul. 3º. Edición. Santa Maria, RS, Brasil.
- Conti M.E. y F.O. García.** 2005. Potasio. *En Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos.* H. Echeverría y F. García (ed.). Ediciones INTA. Pag. 123 –137. Buenos Aires.
- Darwich N.** 1998. Potasio. *En Manual de Fertilidad de suelos y uso de fertilizantes.* Talleres de Gráfica Armedenho. Pag. 96-106. Mar del Plata, Buenos Aires.
- Hernández J.** 1992. Potasio. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Departamento de Suelos y Aguas. Montevideo. Uruguay.
- MGAP.** 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay – Tomo I: Clasificación de Suelos. MGAP - Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo.
- Sawyer J.E., A.P. Mallarino, R. Killorn y S.K. Barnhart.** 2002. A general guide for crop nutrient and limestone recommendations in Iowa. PM 1688. University Extension. Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU. ◀



**Figura 5.** Espigas del Tratamiento 1 sin fertilizante potásico.

### Reimpresión:

#### Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos



Hernán E. Echeverría y Fernando O. García (editores)

- Costo de la publicación: \$60 (sesenta pesos argentinos). Gastos de envío nacional: \$24 (veinticuatro pesos)

### Nueva publicación:

#### Fertilidad 2007



- Costo de la publicación: \$40 (cuarenta pesos argentinos)
- Costo de envío: \$6 (seis pesos argentinos)
- La publicación puede ser adquirida contactando a: IPNI Cono Sur At. Sra. Laura Pisauri - Tel/Fax (54) 011 4798 9939 Lpisauri@ipni.net