

RESPUESTA DE CULTIVOS DE TRIGO A LA FERTILIZACIÓN CON CLORUROS *

M. Díaz-Zorita⁽¹⁾, G. A. Duarte⁽²⁾, M. Barraco⁽¹⁾ y M. Fornasero⁽³⁾

⁽¹⁾ EEA INTA General Villegas, CC 153, (6230) Gral, Villegas (Bs.As.), Argentina

⁽²⁾ AACREA-AAPRESID ⁽³⁾ Estudio G. Duarte & Asoc.

mdzorita@servicoopsa.com.ar

Presentado al XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn (Chubut).
16-19 Abril 2002.

Introducción

Los suelos de la región pampeana presentan niveles altos a muy altos de disponibilidad de potasio (Sillanpaa 1982; Hall et al. 1992). No obstante, varios estudios de fertilización con cloruro de potasio (KCl), en combinación con otros elementos muestran aumentos en la producción de pasturas (Melgar et al. 2000; Conti et al. 1997) y de trigo (*Triticum aestivum* L.) (Díaz-Zorita y Duarte 1998; Duarte et al. 2001). En particular, en el área noroeste de la provincia de Buenos Aires se observaron aumentos en hasta 28 % de los rendimientos de trigo (aprox. 300 kg/ha) fertilizados con KCl en condiciones no limitantes de nutrición nitrogenada (Duarte et al. 2001). Tanto el número por unidad de superficie como el peso individual de los granos fueron positivamente afectados por la aplicación del fertilizante.

El cloro, en forma de cloruros (Cl⁻) es también un elemento esencial requerido por las plantas para su crecimiento e interviene en varias funciones tales como la regulación de procesos de ósmosis, el desarrollo de la planta y la supresión de enfermedades (Havlin et al. 1999). En el suelo, el Cl⁻ muestra un comportamiento similar al N-NO₃⁻ moviéndose fácilmente en el perfil y por lo tanto la posibilidad de encontrar deficiencias en suelos arenosos y drenados es alta. Estudios desarrollados en la región triguera de USA sugieren efectos beneficiosos de los cloruros al fertilizar con KCl. Estos beneficios, variables según cultivares de trigo, fueron atribuidos a una menor incidencia de enfermedades durante el ciclo de producción al incrementarse la disponibilidad de Cl⁻ (Christensen et al. 1981; Engel y Grey 1991).

Se supone que en las condiciones de producción en la región noroeste bonaerense sobre suelos arenosos, permeables y con alta disponibilidad de potasio, las aplicaciones de Cl⁻ explicarían la respuesta observada al fertilizar con KCl cultivos de trigo. El objetivo de este estudio es establecer la contribución de aplicaciones de Cl⁻ sobre la productividad de cultivos de trigo con y sin fertilización con potasio.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en 3 sitios del noroeste de Buenos Aires con Hapludoles cultivados con trigo en la campaña 2001 (Tabla 1). Los cultivos se sembraron, sobre antecesor soja, en la última semana de junio del 2001 bajo prácticas de cero labranza. En todos los casos los cultivos fueron fertilizados con urea en dosis para alcanzar una disponibilidad de al menos 90 kg ha⁻¹ de N.

Tabla 1: Propiedades de los suelos (0-20 cm) en cada sitio experimental. CIC = capacidad de intercambio catiónico, pH en agua, MO = materia orgánica, P = P extractable (Bray Kurtz 1), S-SO₄, K⁺ y Cl⁻ = S-SO₄, K⁺ y Cl⁻ extractables (Mehlich III)

Sitio	Suelo	CIC	pH	MO	P	S-SO ₄	K ⁺	Cl ⁻
		(cmol kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		mg kg ⁻¹		
A	Hapludol Típico	10,9	6,1	18	18.4	15.3	716	508
B	Hapludol Entico	9,7	5,9	15	19.8	15.0	693	200
C	Hapludol Entico	11,6	6,0	18	31.4	15.5	721	533

* Publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N° 14, Mayo 2002.

En la segunda semana de julio, durante etapas de emergencia de los cultivos se aplicaron los siguientes tratamientos de fertilización: (1) Control: sin fertilización, (2) 50 kg ha⁻¹ de KCl, (3) 100 kg ha⁻¹ de KCl, (4) 150 kg ha⁻¹ de KCl, (5) 36 kg ha⁻¹ de NH₄Cl, (6) 72 kg ha⁻¹ de NH₄Cl, y (7) 108 kg ha⁻¹ de NH₄Cl para proveer 23, 46 y 69 kg ha⁻¹ de Cl⁻ con (tratamientos 2, 3 y 4) o ausencia de K⁺ (tratamientos 5, 6 y 7). En todos los casos se equipararon los aportes de N a 28 kg ha⁻¹ empleando urea como fuente de fertilización. En etapas tempranas de desarrollo reproductivo se realizaron tratamientos de aplicación de fungicidas (epoxiconazole 12,5% + Carbendazín 12,5%, 1 lt ha⁻¹) dejando el 50 % de la superficie de cada parcela sin tratar. En cada sitio experimental las parcelas fueron de 10 m² y se dispusieron en bloques completos aleatorizados con 4 réplicas divididas por el tratamiento de aplicación de fungicidas.

En estadios de madurez fisiológica (primer semana de diciembre del 2001) se realizó la cosecha manual de los cultivos para la determinación de la producción de grano y componentes del rendimiento (peso individual de granos, densidad de espigas y número de granos por unidad de superficie). El análisis estadístico se realizó empleando análisis combinado de la varianza con parcelas divididas [factor principal = tratamiento de fungicidas, factor dividido = tipo de fertilizante (KCl o NH₄Cl) y dosis de Cl⁻ (0, 23, 46 y 69 kg ha⁻¹)], y prueba de mínima diferencia significativa (LSD) entre promedios de factores con valores de F significativos (p<0,05). Además, se realizaron análisis de correlación y de regresión.

Resultados

Los rendimientos de los cultivos variaron entre 1049 y 6205 kg ha⁻¹ mostrando diferencias significativas según tratamientos con fungicidas y de fertilización con cloruros independientemente del fertilizante empleado (Tabla 2). Tanto el número de granos por unidad de superficie como su peso individual se correlacionaron positivamente con la producción de los granos (r = 0,96 y r = 0,86, respectivamente). Estos componentes del rendimiento fueron significativamente afectados por la aplicación de Cl⁻ o los tratamientos con fungicidas independientemente de la fuente de fertilizante empleada (Tabla 2). Si bien la cantidad de espigas por unidad de superficie se correlacionó positivamente con la producción de grano (r = 0,54), no se detectaron efectos significativos de los tratamientos evaluados sobre este componente del rendimiento (Tabla 2).

Tabla 2: Resumen de la tabla de análisis de la varianza para los componentes del rendimiento de cultivos de trigo según tratamientos de aplicación de fungicidas y fertilización. PG = peso individual de granos, NG = número de granos, Esp. = Densidad de espigas, * = p < 0,05, ** = p < 0,01.

	Rendimiento	PG	NG	Esp.
	-----	Valores de F		-----
Fungicidas (A)	3,45*	5,67**	0,84	0,63
Fertilizantes (B)	0,12	0,06	0,01	2,64
Dosis de cloruros (C)	3,13*	1,66	4,11**	0,58
B x C	1,11	0,51	0,75	1,03
A x B x C	0,33	0,97	0,48	0,32

Se observó el aumento medio de 300 kg ha⁻¹ de grano por la aplicación de tratamientos con fungicidas en estadios de desarrollo reproductivo de los cultivos, fundamentalmente al aumentar el peso individual de los granos (Tabla 3).

Tabla 3: Efecto de la aplicación de fungicidas en etapas reproductivas sobre la productividad media de cultivos de trigo. Promedio de 3 sitios experimentales, 2 fertilizantes (KCl y NH₄Cl) y 4 dosis de fertilización con cloruros (0, 23, 46 y 69 kg ha⁻¹). PG = peso individual de granos, NG = número de granos, Esp = Densidad de espigas. Letras diferentes en cada componente del rendimiento indican diferencias significativas entre tratamientos de aplicación de fungicidas (LSD, p < 0.05)

Tratamiento	Rendimiento kg ha ⁻¹	PG mg grano ⁻¹	NG granos m ⁻²	Esp espigas m ⁻²
Sin fungicidas	3211 a	28,3 a	11068 a	525 a
Con fungicidas	3500 b	29,9 b	11453 a	427 a

Todos los tratamientos de fertilización con Cl⁻ mostraron mayores rendimientos en grano con una mayor cantidad de grano por unidad de superficie que en el tratamiento control y sin diferir estadísticamente según las dosis aplicadas del elemento (Tabla 4). A partir del ajuste cuadrático de la producción de grano según dosis aplicadas de cloruros se estimó que los máximos rendimientos se alcanzarían con aplicaciones de 43 kg ha⁻¹ de Cl⁻, equivalentes a 93 o 67 kg ha⁻¹ de KCl o NH₄Cl, respectivamente. La respuesta media a la aplicación de cloruros, promedio de tratamientos fertilizados con respecto al control, varió entre 2 y 68 %. A pesar de que los niveles de Cl⁻ en el suelo resultaron superiores a 30 mg kg⁻¹, nivel crítico de respuesta a la fertilización con este elemento (Havlin et al. 1999), la respuesta a la fertilización decreció al incrementarse los niveles de Cl⁻ en los suelos.

Tabla 4: Efecto de la fertilización con cloruros sobre la productividad media de cultivos de trigo. Promedio de 3 sitios experimentales, 2 fertilizantes (KCl y NH₄Cl) y 2 tratamientos con aplicación de fungicidas. PG = peso individual de granos, NG = número de granos, Esp = Densidad de espigas. Letras diferentes en cada componente del rendimiento indican diferencias significativas entre dosis de cloruros (LSD, p < 0.05)

Dosis de cloruros kg ha ⁻¹	Rendimiento kg ha ⁻¹	PG mg grano ⁻¹	NG granos m ⁻²	Esp espigas m ⁻²
0	3096 a	28,7 a	10383 a	447 a
23	3455 b	29,1 a	11595 b	469 a
46	3507 b	29,8 a	11574 b	463 a
69	3374 b	28,9 a	11500 b	460 a

Discusión

El uso de Cl⁻ para la mejora del estado sanitario de cultivos ha sido descrita en diversos ambientes y condiciones de producción (Fixen et al. 1986a; Fixen et al. 1986b). Engel y Grey (1991) describieron respuestas de similar magnitud e independientes de la dosis de Cl aplicados (22, 5 a 90 kg ha⁻¹) en cultivos de Montana (EEUU). El rendimiento de trigo surge del producto entre la densidad de granos por unidad de superficie y su peso individual (Egli 1998). Ambos componentes son definidos en diferentes momentos del ciclo de desarrollo, respondiendo directamente a las condiciones de ambiente y de manejo de los cultivos. En este estudio no se detectaron diferencias visuales en la incidencia de enfermedades de hojas o en órganos reproductivos entre tratamientos de fertilización y de uso de fungicidas. No obstante, el aumento en la cantidad de granos por unidad de superficie promovida por la aplicación de Cl⁻ sugiere la ocurrencia de mejores condiciones de crecimiento que los cultivos durante etapas vegetativas y de determinación del número de órganos reproductivos (Satorre y Slafler 1999). Es así como los tratamientos de prevención y control de enfermedades post antésis contribuyeron al logro de un mayor peso individual de

los granos proveyendo de un mejoramiento productivo durante etapas de llenado de los granos.

Conclusiones

La aplicación de Cl⁻ en la emergencia de cultivos de trigo en dosis mayores a los 23 kg ha⁻¹ e independientemente de la fuente de fertilizante empleada incrementó la producción de grano en Hapludoles del noroeste de Buenos Aires. La respuesta a esta práctica es creciente al disminuir los niveles extractables de Cl⁻ en la capa superficial de los suelos.

El efecto del agregado de Cl⁻ es independiente del uso de fungicidas en estadios reproductivos y contribuye al aumento en el número de granos por unidad de superficie.

Bibliografía

- Christensen NW, Taylor RG, Jackson TL, Mitchell BL. 1981. Chloride effects on water potentials and yield of winter wheat infected with take- all root rot. *Agron. J.* 73: 1053-1058.
- Conti ME, De La Horra AM, Arrigo NM, Marchi A. 1997. Fertilización e interacción Potasio-Fósforo sobre el rendimiento de alfalfa en un Haplustol Típico (zona semiárida, Argentina). *Ciencia del Suelo* 15: 51-52.
- Díaz-Zorita M. 1998 Fertilización de pasturas y cereales de invierno. Curso de actualización para profesionales. EEA Gral Villegas
- Duarte GA, Díaz-Zorita M, Fornasero M. 2001. Evaluaciones de fertilización de cultivos de trigo: Campaña 2000/2001. Jornada de actualización agrícola, AACREA Zona Oeste Arenoso, Trenque Lauquen (Bs.As.), 21 pp.
- Egli DB. 1998. Seed Biology and the Yield of Grain Crops. CAB International, Oxon (UK), 178 pp.
- Engel RE y Grey WE. 1991. Chloride fertilizers effects on winter wheat inoculated with *Fusarium culmorum*. *Agron. J.* 83: 204-208.
- Fixen, PE, Gelderman RH, Gerwing JR, Cholick FA. 1986a. Response of spring wheat, barley and oats to chloride in potassium chloride fertilizers. *Agron. J.* 78: 664-668.
- Fixen PE, Buchenau GW, Gelderman RH, Schumacher TH, Gerwing JR, Cholick FA, Farber BG. 1986b. Influence of soil and applied chloride on several wheat parameters. *Agron. J.* 78: 736-740
- Hall A, Rabella C, Ghersa C, Culto P. 1992. Field- crop systems of the Pampas. *Field Crop Ecosystems*, Elsevier, Amsterdams, The Netherlands, pp. 413-450.
- Havlin J, Beaton J, Tisdale S, Nelson W. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Sixth Edition. 485 pp.
- Melgar R, Lavandera J, Camozzi ME. 2000. Alfalfa: la fertilización balanceada es la clave para la alta productividad. Jornadas de Intercambio Técnico de Pasturas en Siembra Directa. Pp 49-52.
- Satorre EH y Slafler GA. 1999. Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Products Press, New York (USA).
- Sillanpää M 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. *FAO soils bulletin*.

Agradecimientos

Al INPOFOS Cono Sur por el financiamiento parcial del estudio y a los establecimientos “El Recreo”, “La María” y “La María Esther” por la implantación y manejo de los sitios experimentales.