

EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN CON SULFATO DE MAGNESIO DURANTE EL PERÍODO DE LLENADO EN TRIGO DURO (*Triticum durum*) BAJO RIEGO

G. VÁZQUEZ AMÁBILE; P. TURQUIETO; C. MANDER; P. MEJÍA y S. VIDART¹

Recibido: 08/05/00

Aceptado: 07/07/00

RESUMEN

Durante la campaña triguera 1998, en La Dulce, partido de Necochea, se llevó a cabo un ensayo con el fin de evaluar el efecto de la fertilización con SO_4Mg en trigo (*Triticum durum*) bajo riego, durante el llenado de grano sobre el contenido de gluten y la calidad panadera. Para ello se utilizó SO_4Mg como fuente azufrada, aplicándose tres dosis en forma foliar al comienzo del llenado de grano.

Los tratamientos fueron 0, 8, 12 y 16 kg de S /ha.

La fertilización con SO_4Mg produjo un incremento de la concentración de S en grano y del porcentaje de proteína.

Si bien el incremento de la proteína en grano fue estadísticamente significativo, el gluten no sufrió un incremento significativo ni se relacionó con el aumento del contenido de S en grano. La fertilización con SO_4Mg no produjo incrementos significativos en los parámetros de calidad panadera, tanto en el valor de Falling Number como en los índices que componen el alveograma (W, P, L, G, P/L, W(40) e Índice de elasticidad). El porcentaje de extracción de harina no varió respecto del testigo y osciló entre 67 y 68%

Palabras clave. Trigo – S – Gluten – Proteína – Calidad panadera.

EVALUATION OF MAGNESIUM SULFATE FERTILIZATION TO IRRIGATED WHEAT (*Triticum durum*) AT GRAIN FILLING

SUMMARY

In 1998, a field experiment was carried out in Necochea (Prov. Bs. As.), in order to evaluate the effects of foliar-applied SO_4Mg on grain composition (S, gluten and protein contents) and baking quality of wheat (*Triticum durum*) under irrigation. SO_4Mg was applied at different rates (0, 8, 12 and 16 kg S/ha) in a water solution, in the beginning of grain filling.

SO_4Mg fertilization caused a significant increment in S and Protein grain contents. Although the grain protein increment was statistically significant, gluten content did not vary and it was not related with the increasing of S grain content.

SO_4Mg fertilization did not bring about significant changes in baking quality parameters (falling number, W, P, G) and flour extraction percent did not vary with regard to the control and it oscillated between 67 and 68%.

Key words. Wheat – S – Gluten – Protein – Baking quality.

INTRODUCCIÓN

En 1995 la secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (SAGyP, 1995). decidió incluir el contenido proteico en las normas para la comercialización de trigo pan, con el fin de inducir una mejora

¹Ings Agr. Cantrillar S.A. - Paraguay 610 - 10° Piso (1350) Buenos Aires.

en la calidad de los trigos argentinos para el mediano y largo plazo. De este modo, la calidad comercial e industrial del trigo pan (*trititicum durum*) ha cobrado importancia con la puesta en práctica del sistema de bonificación por proteína. Este sistema toma como neutro un valor de proteína en grano del 11%. A partir de este valor se premia con un 2% del precio cada punto por encima del 11% y se castiga en la misma proporción cada punto por debajo.

El incremento del nivel de proteína puede alcanzarse eligiendo variedades de calidad de grano superior o también aplicando N en forma foliar después de la emergencia de la hoja bandera (Gooding *et al.*, 1991).

El azufre en trigo juega un rol importante en la síntesis de proteínas y es constituyente de los aminoácidos cisteína y metionina (Tiwari *et al.*, 1996), los cuales son componentes del gluten. En experimentos realizados en Suecia en macetas con cebada y trigo, la deficiencia de azufre produjo una disminución en la concentración de Metionina y Cisteína (Mortensen y Eriksen, 1994). De este modo, el contenido de gluten, el cual está relacionado directamente con el contenido de proteína total, podría ser modificado a través de la fertilización con S, en caso de existir deficiencias de este nutriente.

Aunque existen trabajos contradictorios, la bibliografía sobre el tema, en general, indica que el aporte de S no determina incrementos en el rendimiento en grano en trigo, aunque puede modificar el contenido proteico del grano.

En nuestro país, Gianibelli, Sarandon y Caldiz (1989) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de La Plata evaluaron en La Dulce, partido de Necochea, el efecto del N y del S sobre el rendimiento de trigo duro (variedad Klein Chamaco). Utilizando dosis de 0,50 y 150 kg N/ha y 0,20 y 60 kg S/ha, el máximo rendimiento obtenido fue con dosis de 50 kg N/ha para niveles 0 y 20 kg S/ha, no hallando los autores un efecto del agregado de S sobre el rendimiento en grano, aunque no se evaluó dicho efecto sobre la calidad del grano.

En Inglaterra, usando trigos de invierno, el agregado de S (0,16 y 32 kg/ha) después de la emergencia de la hoja bandera en forma foliar, con y sin N, no produjo, a lo largo de tres años de ensayos, incrementos en el rendimiento en grano (Griffiths *et al.*, 1995).

Asimismo, Sawyer y Ebelhar (1995) aunque hallaron un incremento en la concentración de S en la hoja bandera y en planta total, tampoco registraron aumentos en el rendimiento durante tres años en Illinois, EEUU, para cinco variedades de trigo, bajo dos tipos de suelo y con distintos sistemas de labranza, al aplicar 28 kg S/ha, debido a que el suministro de S, proveniente del suelo y de la atmósfera, fue suficiente.

En Australia, sin embargo, se aplicó en trigo, N como urea (0 y 50 kg N/ha) y S como sulfato de calcio (0 y 20 kg S/ha), obteniendo un aumento de las concentraciones de proteína, N y S en grano. Aunque el agregado de S no tuvo efecto alguno sobre las propiedades de la harina o de la masa (Randall *et al.*, 1990).

En Sudáfrica, en trigos de primavera, Du plessis y Agenbag (1994), hallaron mejoras en la calidad panadera por agregado de N y de S a la siembra, incrementando dicha calidad con dosis de 0 a 25 kg de S/ha y variando con el cultivar utilizado.

Aunque la literatura reporta como valor crítico un contenido de S de 10 ppm en suelo (Beaton *et al.*, 1968; Scott 1981), Haneklaus *et al.*, (1994) observaron que el nivel de S en suelo no constituye una herramienta de diagnóstico confiable como para predecir el nivel de este nutriente en planta, debido a que no existe una buena correlación entre ambos.

OBJETIVOS

La ausencia de trabajos realizados en nuestro país que evalúen el efecto de la fertilización azufrada en el cultivo de trigo, como una práctica destinada a mejorar la calidad del grano, fue la principal razón de la realización de este experimento.

Los objetivos se plantearon sobre la hipótesis de que el agregado de S en un trigo bien provisto de agua y N, puede favorecer la síntesis de metionina y cisteína (Tiwari *et al.*, 1996; Mortensen y Eriksen, 1994) provocando un incremento en el nivel de gluten y de la proteína total del grano (Randall *et al.*, 1990), y consecuentemente una mejora en la calidad panadera del grano de trigo (Du Plessis y Agenbag, 1994).

La hipótesis de un incremento del rendimiento en grano provocado por efecto del agregado de S fue desestimada debido a la falta de respuesta reportada por autores nacionales y del extranjero.

De este modo, los objetivos del ensayo se centraron en: a) evaluar el impacto de la fertilización con SO_4Mg sobre el nivel de gluten y el nivel de proteína en un trigo bien provisto de agua y N; b) analizar la relación entre el nivel de proteína bruta en grano y el contenido de gluten, y la relación entre nivel de azufre en grano y el contenido de gluten; c) analizar los parámetros de calidad panadera para los distintos tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño experimental fue en bloques con tres repeticiones. El ancho de las 12 parcelas fue de 20 mts y el largo de 300 mts dando una superficie por parcela de 0,6 ha (6000 m²)

Los tratamientos fueron:

- Testigo : sin fertilizar con S.
- Dosis 1 : 8 kg/ha de S aplicados en comienzo de llenado de grano.
- Dosis 2 : 12 kg/ha de S aplicados en comienzo de llenado de grano.
- Dosis 3 : 16 kg/ha de S aplicados en comienzo de llenado de grano.

El ensayo se llevó a cabo con riego complementario, con un equipo de aspersión de pivot central, en un establecimiento ubicado en La Dulce, Necochea, sobre un suelo Argiudol ácuico. La variedad de Trigo utilizada fue Klein Dragón y la fecha de siembra fue el 21 de Agosto. En presiembra se aplicaron 90 kg/ha de urea (46-0-0) que se incorporaron con rastra de discos y a la siembra se aplicaron 100 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) en la línea. El día 12 de Octubre se aplicaron 190 kg/ha de urea al voleo. La cosecha se realizó el 7 de enero.

Se utilizó SO_4Mg como fuente azufrada (26,6% de S como elemento). La aplicación se realizó con un equipo terrestre de pulverización, disolviendo el sulfato de magnesio en agua a razón de 15 kg por cada 100 lts de agua. La solución se aplicó el **1 de Diciembre** en forma foliar sobre el trigo en el comienzo del llenado de grano.

A la cosecha, sobre las muestras de grano se determinaron: el porcentaje de proteína total (método kjeldahl), el porcentaje de Gluten (lavado manual en agua) y la concentración de S en grano (determinación de sulfatos en ceniza).

Para cada muestra se realizaron análisis completos de calidad panadera: Falling Number por el método de Haber (ACC 5681b, norma ISO 3093), Alveograma (valores de P, L, G, W e Índice de elasticidad) en Alveógrafo de Chopin y porcentaje de extracción de harina con molino de ensayo tipo Buhler.

Sobre los resultados obtenidos se realizó el análisis de la varianza, utilizando el test de mínima diferencia significativa (LSD) para evaluar las diferencias entre medias. También se calcularon los coeficientes de correlación de pearson entre los valores de S, gluten, proteína y N/S.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de S en grano (Cuadro N° 1), como resultado de la fertilización con sulfato de magnesio se incrementó en forma significativa ($P < 0,05$), diferenciándose dos grupos: el testigo y la dosis de 8 kg S/ha por un lado y las dosis de 12 y 16 kg S/ha por otro.

Cuadro N° 1. Contenido de S, gluten y proteína en grano.

Dosis S (kg/ha)	Azufre en grano (%)	Gluten en grano (%)	Proteína en grano (%)	Relación N : S
0	0,11 a	34,0 a	12,1 a	17,9 a
8	0,12 a	35,0 a	13,6 b	18,9 a
12	0,35 b	35,3 a	13,3 b	6,3 b
16	0,40 b	32,6 a	12,8 ab	5,3 b

LSD (Mínima diferencia significativa). Grupos de letras distintos difieren significativamente ($p < 0,05$).

Cuadro N° 2. Coeficiente de correlación de Pearson.

	Dosis S Aplicada	S en grano	% gluten	% Prot
S en grano	0,83			
% gluten	-0,13	0,08		
% Prot	0,35	0,11	0,50	
N / S	-0,81	-0,96	0,12	0,01

Sin embargo, el incremento del contenido de S en el grano no fue acompañado por un aumento en el contenido de gluten, ya que las diferencias entre tratamientos no fueron significativas para este último (Cuadro N° 1).

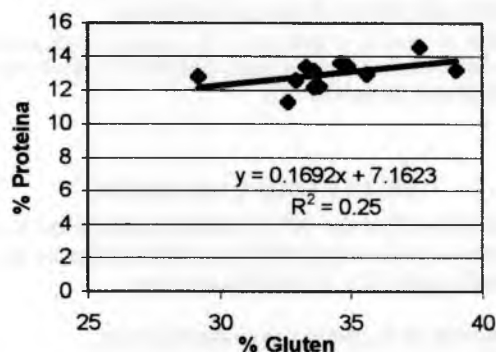
Por otro lado, el contenido de proteína total del grano se incrementó significativamente con respecto al testigo, en un 13% y 10% para las dosis de 8 y 12 kg S/ha respectivamente, decayendo con la dosis de 16 kg S/ha.

Withers *et al.*, (1995), utilizaron la relación N:S en hoja en anthesis y la concentración de S en grano como herramientas de diagnóstico a fin de detectar deficiencias en el suministro de este elemento. Los autores hallaron respuesta a la fertilización azufrada cuando la relación N:S estuvo por encima de 16-17 y los valores de concentración de S en grano entre 0,10 y 0,12%.

En nuestro caso, la concentración de S en el testigo y en el primer tratamiento fue de 0,11 y 0,12 % respectivamente. A su vez la relación N :S en grano pasó drásticamente de valores de 17,9 y 18,9, en los tratamientos testigo y 8kg de S/ha, a valores de 6,3 y 5,3 en los tratamientos de 12 y 16 kg S/ha respectivamente (Cuadro N° 1).

En el Cuadro N° 2 se observan los coeficientes de correlación de Pearson, donde sólo el nivel de S en grano se correlacionó con la dosis de S aplicada y el porcentaje de gluten se correlacionó parcialmente con el porcentaje de proteína.

Si bien el gluten no varió conforme al contenido de azufre en grano, mostró una relación parcial con el incremento de la proteína total (Figura 1).

**Figura 1. Porcentaje de proteína en función del porcentaje de gluten en grano.**

ANÁLISIS DE LA CALIDAD PANADERA

La calidad panadera no presentó diferencias entre los distintos tratamientos (Cuadro N° 3).

El peso hectolítrico no presentó diferencias y el porcentaje de extracción de harina no varió con respecto al testigo y osciló entre 67 y 68%.

Cuadro N° 3. Calidad Panadera. Falling Number, extracción de harina y valores del Alveograma.

Dosis SO ₄ Mg	0	30	45	60	LSD (P>0.05)
Peso hectolítrico	78,43 a	76,91 a	76,87 a	76,78 a	4,42
Falling Number	396,3 a	386,0 a	390,0 a	391,7 a	18,56%
Extracción Harina	67,9 a	67,3 a	66,9 a	68,4 a	3,36
ALVEOGRAMA					
P	91,0 a	99,3 a	96,7 a	97,0 a	18,94
L	99,7 a	85,0 a	93,3 a	96,0 a	41,47
G	22,2 a	20,4 a	21,5 a	21,7 a	4,88
P/L	0,9 a	1,2 a	1,1 a	1,1 a	0,68
W (40)	162,0 a	179,3 a	172,7 a	174,7 a	39,3
W	324,3 a	317,3 a	334,0 a	343,0 a	79,5
le	61,7 a	64,6 a	62,7 a	63,8 a	5,76

LSD (Mínima diferencia significativa). Grupos de letras distintos difieren significativamente ($p < 0,05$).

El Falling Number estuvo en valores altos y no presentó diferencias significativas, así como tampoco los distintos índices del alveograma : P (tenacidad), L (distancia), G (extensibilidad), P/L, W (trabajo), Índice de elasticidad y W(40)).

CONCLUSIONES

Los datos recogidos indican que la hipótesis planteada no pudo ser confirmada. Si bien no se determinó el contenido de metionina y cisteína en grano, pudo observarse que a pesar de registrarse un aumento de la concentración de S en grano, como resultado de la fertilización con sulfato de magnesio, no se obtuvo un incremento en el contenido de gluten.

Aunque la proteína total se incrementó en forma estadísticamente significativa, dicho incremento, contrariamente a lo esperado, no fue acompañado totalmente por un aumento en el nivel de gluten.

La calidad panadera tampoco sufrió modificaciones por efecto del agregado de SO₄Mg.

La aplicación de SO₄Mg no resultó una práctica útil para la mejora del contenido de gluten y de la calidad panadera del grano. No obstante, habría que repetir la experiencia con distintas variedades de trigo duro a fin de analizar la respuesta al agregado de S para distintos genotipos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente la colaboración del Dr. Luis Moreno en las tareas de análisis de laboratorio y los técnicos de Cantrilar S.A. que colaboraron en las tareas de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- BEATON, J.D., BURNS, G.R. and J. PLATOU. (1968). Determination of sulphur in soil and plant material. The Sulphur Institute (Techn.Bull. Nro 14).
- DU PLESSIS J.P. and G.A. AGENBAG. (1994) Reaction of two spring wheat cultivars to nitrogen and sulphur fertilizer in the Swartland. II Yield and baking quality. *South-African Journal of Plant and Soil*. 11:4, 189-195.

- GIANIBELLI M.C., S.J. SARANDON y D.O. CALDIZ. (1989) Efecto de la fertilización nitrogenada y azufrada sobre el rendimiento en grano y sus componentes en *Triticum aestivum* L. *Revista Facultad de Agronomía La Plata*. 65: 1-2, 93-95.
- GOODING, M.J., P.S. KETTLEWELL and T.J. HOCKING. (1991). Effects of urea alone or with fungicide on the yield and breakmaking quality of wheat when sprayed at flag leaf and ear emergence. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 117, 149-155
- GRIFFITHS M.W., P.S. KETTLEWELL and T.J. HOCKING. (1995) Effects of foliar-applied sulphur and nitrogen on grain growth, grain sulphur and nitrogen concentrations and yield of winter wheat. *Journal of Agriculture Science, Cambridge*. 125, 331-339.
- MORTENSEN J. and J. ERIKSEN. (1994) Effect of sulphur deficiency on amino acid composition. *Norwegian-Journal of Agricultural Sciences*, supplement 15, 135-142.
- RANDALL P.J., J.R. FRENEY, C.J. SMITH, H.J. MOSS, C.W. WRIGLEY and I.E. GALBALLY (1990) Effect of additions of nitrogen and sulfur to irrigated wheat at heading on grain yield, composition and milling and baking quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 30: 1, 95-101.
- SAGyP (1995). Normas de calidad para la comercialización de granos y subproductos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.
- SAWYER J.E., and S.A. EBELHAR. (1995) Sulfur nutrition of winter wheat varieties with till and no till planting on highly weathered Alfisol soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 26: 7-8, 1257-1271.
- SCOTT, N.M. (1981). Evaluation of sulphate status of soils by plant and soil tests. *J.Sci.Food Agric.*32, 193-199.
- TIWARI, H.C., M.S GANGWAR and NAND RAM (1996). Long-term applications of fertilizers on available sulphur status, wheat (*triticum aestivum*) yield and S uptake on Aquic Hapludoll soil. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 66 (4): 237-239.
- WITHERS P.J., A.R. TYTHERLEIGH and F.M. O'DONNELL (1995). Effect of sulphur on the grain yield and sulphur content of cereals. *Journal of Agriculture Science, Cambridge*. 125, 317-324.