

APLICACIONES BASALES Y SUPLEMENTARIAS DE NITROGENO  
EN TRIGOS HARINEROS (*Triticum aestivum* L.).  
II. EFECTO SOBRE LA CALIDAD DEL GRANO<sup>1</sup>

Basal and supplementary nitrogen applications on bread wheats  
(*Triticum aestivum* L.). II. Effect on grain quality

Mario Mellado Z.<sup>2</sup> y Denise Granger Z.<sup>3</sup>

S U M M A R Y

Six field trials under irrigated conditions were carried out during 1991, 1992 and 1993 at Quilamapu Regional Research Center of the "Instituto de Investigaciones Agropecuarias" (INIA), Chillán, (36° 31' S, 71° 55' W, and 217 m.a.s.l.), in order to evaluate the effect of basal and supplementary nitrogen application on the grain quality of two wheat varieties with different growing behavior.

An split plot desing with four replications was used, with two treatments and four subtreatments.

Treatments: basal nitrogen application of 150 kg/ha. T<sub>1</sub> = all nitrogen at sowing. T<sub>2</sub> = half nitrogen at sowing and half at end of tillering stage.

Subtreatments: supplementary application rates of 50 kg/ha N in four development stages. t<sub>1</sub> = during jointing. t<sub>2</sub> = during heading. t<sub>3</sub> = during flowering. t<sub>4</sub> = during milk grain.

The results showed that the most effective way to increase grain quality in winter and spring wheats was to apply a supplementary nitrogen rate between heading and flowering. This tendency was clearer in winter than in spring wheat.

**Key words:** bread wheat, *Triticum aestivum* L., nitrogen split application, grain quality.

INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones de nitrógeno en trigo, son fundamentales para obtener un rendimiento elevado; sin embargo, estas dosis de nitrógeno no siempre producen un grano de buena calidad. Al respecto, Gauer *et al.* (1992) señalan que el contenido de proteína aumenta con la aplicación de N a partir del punto en que este nutriente no es limitante para el rendimiento de grano. Estos autores agregan que los trigos semi-enanos muestran una menor respuesta en el aumento de proteína del grano con pequeñas aplicaciones de N fertilizante comparados con trigos de altura convencional, debido al mayor potencial de rendimiento de los trigos con genes de enanismo.

Peltonen (1992) señala que la época precisa de aplicación suplementaria de N al trigo de primavera requiere un conocimiento detallado de la fisiología de las fases reproductivas, y que aplicar todo el N a la siembra no es siempre óptimo o suficiente para lograr un rendimiento estable y un grano de buena calidad.

Los autores Alcoz *et al.* (1993) determinaron que el N aplicado al estado 10 de la Escala de Feekes, produjo un grano con más proteína que las aplicaciones efectuadas en los estados de crecimiento 4 ó 6 de Feekes.

Dado que actualmente la mayoría de los trigos son del tipo semi-enanos, de alto rendimiento, y considerando que para una variedad que produce un grano bajo en proteína es difícil su comercialización, el objetivo de esta investigación fue analizar algunas estrategias de uso del N fertilizante, para mejorar la calidad del grano.

<sup>1</sup>Recepción de originales: 29 de diciembre de 1994.

Trabajo presentado al 45 Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile. Santiago, 14-17 noviembre de 1994.

<sup>2</sup>Centro Regional de Investigación Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

<sup>3</sup>Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante tres temporadas (1991-1993) se realizaron seis ensayos para estudiar el efecto sobre la calidad del grano, de diferentes estrategias de aplicación de nitrógeno como salitre sódico ( $\text{NaNO}_3$ ), a las variedades de trigo invernal Candela-INIA y de primavera Saeta-INIA.

Los ensayos se efectuaron en suelos regados del Campo Experimental Quilamapu perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán (lat.  $36^\circ 31'$  S, long.  $71^\circ 55'$  O y 217 m.s.n.m.).

Los suelos empleados son de textura franco a franco arcillosa y tenían bajos contenidos de nitrógeno disponible (4 a 7 mg/kg) y valores de materia orgánica entre 7,5 y 10,5%.

Se usó un diseño experimental de parcelas divididas con dos tratamientos, cuatro subtratamientos y cuatro repeticiones.

Tratamientos: Forma de aplicar una dosis basal de nitrógeno de 150 kg/ha.

$T_1$  = todo durante la siembra.

$T_2$  = mitad durante la siembra y mitad al estado 5 a 6 de la escala de Feekes (Large, 1954).

Subtratamientos: estados fenológicos del trigo para aplicar una dosis suplementaria de nitrógeno de 50 kg/ha.

$t_1$  = durante el encañado ( $E_7$ ).

$t_2$  = a la espigadura ( $E_{10,3}$ ).

$t_3$  = durante la antesis ( $E_{10,5,1}$ ).

$t_4$  = en grano lechoso ( $E_{11,1}$ ).

Los ensayos con la variedad invernal se sembraron entre mayo y junio y los ensayos con la variedad primaveral en agosto. Se usó una dosis de semilla de 160 kg/ha, y una cantidad uniforme de 65 kg/ha de P, como superfosfato triple.

### Evaluaciones

- Peso del hectolitro en trigo limpio base 14% humedad usando una balanza Schopper de 250 cc de capacidad.
- Nitrógeno total del grano por el método de Kjeldahl ( $\text{N}\% \times 5,7$ ), base 14% humedad.
- Índice de sedimentación SDS (Dodecil Sulfato de Sodio) usando 0,5 g de harina.
- Absorción de agua considerando 50 g de harina.
- Valor W del Farinógrafo de Brabender.
- Volumen del pan obtenido a partir de 100 g de harina, evaluado en un volumenómetro de 1.000 cc, por desplazamiento de semillas de raps.

Los análisis de panificación se efectuaron de acuerdo a los métodos dados por la American Association of Cereal Chemists (1962). Debido al alto costo de estos análisis fue necesario juntar la semilla de las cuatro repeticiones y efectuar una sola determinación en cada subtratamiento; por esta razón, los años se usaron como repeticiones. Los resultados fueron procesados mediante un análisis de variancia, utilizando el paquete estadístico SAS, y las diferencias entre medias se establecieron con la prueba de rango múltiple de Duncan.

## RESULTADOS

### Efecto de tratamientos

Las dos modalidades de aplicar la dosis basal de nitrógeno (100% del N en la siembra versus 50% N en la siembra y 50% en macolla) no produjo efectos significativos sobre la calidad del grano de las variedades Candela-INIA y Saeta-INIA (Cuadro 1). Esto podría explicarse porque el nitrógeno aplicado entre siembra y macolla afecta, principalmente, el desarrollo de los componentes de rendimiento de grano.

En el Cuadro 2 se observa que la variedad de trigo de primavera superó en todos los parámetros de calidad a la variedad de invierno, a pesar de que el manejo agronómico de ambas variedades fue similar, excepto la fecha de siembra. Este resultado aparece previamente señalado por Dyke y Stewart (1992) y corroborado por Mellado (1994), al señalar que seleccionando la variedad y el uso correcto del fertilizante nitrogenado, la calidad del grano se puede mejorar sustancialmente.

### Efecto de subtratamientos

La significación de los valores de F del análisis de variancia (Cuadro 1), para los subtratamientos, señala claramente que lo más relevante para aumentar el nivel de los parámetros de calidad industrial del grano de trigo, consiste en efectuar aplicaciones suplementarias de nitrógeno, durante la fase reproductiva. Este incremento en calidad con las aplicaciones suplementarias ocurriría siempre que, previamente el cultivo, haya recibido una dosis de nitrógeno que no sea limitante para la producción de grano, lo que también es señalado por Gauer *et al.* (1992). Así, en los cuadros 3 y 4 se aprecia que al aplicar 50 unidades adicionales de N entre espigadura y antesis se produce un aumento significativo de los seis parámetros de calidad considerados, especialmente en la variedad de invierno Candela-INIA. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Alcoz *et al.*

**CUADRO 1. Significación de los valores de F del análisis de variancia de varias características de calidad de las variedades de trigo Candela-INIA y Saeta-INIA**

**TABLE 1. F values significance of the variance analysis for several quality characteristics on wheat varieties Candela-INIA and Saeta-INIA**

Características	Candela-INIA			Saeta-INIA		
	T	t	T x t	T	t	T x t
Peso hectolitro, kg/hl	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Proteína, %	N.S.	**	N.S.	N.S.	**	N.S.
Sedimentación, cc	N.S.	**	N.S.	N.S.	*	N.S.
Absorción de agua, %	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Valor W	N.S.	**	N.S.	N.S.	*	N.S.
Volumen de pan, cc	N.S.	**	N.S.	N.S.	*	N.S.

T: tratamientos = aplicaciones basales de N.

t: subtratamientos = aplicaciones suplementarias de N.

\*P ≤ 0,05; \*\*P ≤ 0,01; N.S. = no significativo.

**CUADRO 2. Efecto de la forma de aplicar la dosis basal de nitrógeno sobre la calidad del grano de las variedades Candela-INIA y Saeta-INIA**

**TABLE 2. Effect of application procedure of the nitrogen basal rate on grain quality of wheat varieties Candela-INIA and Saeta-INIA**

Características	Candela-INIA		Saeta-INIA	
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
Peso hectolitro, kg/hl	82,4	81,9	85,9	84,4
Proteína, %	8,2	7,3	10,4	11,1
Sedimentación, cc	4,2	3,6	7,5	7,9
Valor W	41,3	40,3	71,2	74,8
Volumen pan, cc	650,0	599,4	681,6	733,8
Absorción agua, %	58,0	58,3	60,5	60,6

T<sub>1</sub>: 150 kg/ha de N a la siembra.

T<sub>2</sub>: 75 kg/ha de N a la siembra + 75 kg/ha de N a la macolla.

(1993), y se explicarían, según Wuest y Cassman (1992), por la mejor absorción de este nutriente durante el llenado del grano.

Este resultado puede ser de gran valor económico cuando las normas de comercialización del trigo en Chile contemplen algunas de las variables de calidad analizadas en este trabajo, que complementen al índice de sedimentación usado actualmente por los poderes compradores.

## DISCUSIÓN

Dado que la síntesis de proteína requiere nitrógeno disponible, en niveles de suficiencia del suelo, los valores de proteína del grano de trigo dependerán más que de la variedad, del suministro de N al cultivo, y es aquí donde la dosis, método y época de aplicación de N cobra mucha importan-

**CUADRO 3. Efecto de una aplicación suplementaria de nitrógeno en distintos estados fenológicos sobre la calidad industrial de la variedad de trigo de invierno Candela-INIA**

**TABLE 3. Effect of supplementary nitrogen application at different phenological stages on the grain quality of the winter wheat variety Candela-INIA**

Características	Aplicación de 50 kg/ha de N en:			
	Encañado	Espigadura	Antesis	Grano lechoso
Peso hectolitro, kg/hl	80,6 b	83,4 a	85,5 a	80,9 b
Proteína, %	6,8 b	8,4 a	8,5 a	7,2 b
Sedimentación, cc	2,8 b	5,0 a	4,8 a	2,9 b
Valor W	39,7 b	47,1 a	42,3 ab	34,1 c
Volumen pan, cc	554,0 c	652,6 ab	678,6 a	613,6 b
Absorción agua, %	57,0 b	58,8 a	58,7 a	57,9 ab

Los valores con letras iguales en sentido horizontal no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan al 5%.

**CUADRO 4. Efecto de una aplicación suplementaria de nitrógeno en diferentes estados fenológicos sobre la calidad industrial de la variedad de trigo de primavera Saeta-INIA**

**TABLE 4. Effect of supplementary nitrogen application at different phenological stages on the grain quality of the spring wheat variety Saeta-INIA**

Características	Aplicación de 50 kg/ha de N en:			
	Encañado	Espigadura	Antesis	Grano lechoso
Peso hectolitro, kg/hl	85,3 a	85,2 a	85,4 a	84,6 a
Proteína, %	10,5 bc	11,2 a	10,9 ab	10,3 c
Sedimentación, cc	6,8 b	7,5 ab	7,8 a	6,6 b
Valor W	74,8 a	73,7 ab	72,5 ab	70,9 b
Volumen pan, cc	691,5 b	709,5 ab	735,1 a	694,8 ab
Absorción agua, %	60,8 a	59,4 a	61,2 a	60,7 a

Los valores con letras iguales en sentido horizontal no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan al 5%.

cia (Rao *et al.*, 1993). Por lo tanto, al comparar los porcentajes de proteína de las variedades Candela-INIA y Saeta-INIA (Cuadro 2), se podría afirmar que el trigo sembrado en otoño dispuso de una menor cantidad de N para convertirlo en proteína, lo que sería consecuencia de las pérdidas de N por lixiviación u otras formas, que ocurren en las siembras efectuadas en otoño (Mellado, 1993). En efecto, durante los tres años de ensayos, las precipitaciones acumuladas entre siembra y encañado, oscilaron entre 576 y 841 mm en las siembras de otoño, y solamente entre 177 y 295 mm en los ensayos de primavera.

Además del factor climático hay factores genéticos que modifican la capacidad de las variedades para concentrar proteína en el grano, especialmente al considerar trigos semi-enanos y trigos altos (Mellado y Granger, 1988; Gauer *et al.*, 1992).

Debe agregarse que la concentración de proteína del grano es uno de los criterios de calidad más importantes, puesto que el grano debe poseer un nivel mínimo de proteína para que sea aceptable en el proceso industrial de panificación.

## RESUMEN

En el Centro Regional de Investigación Quilmapu, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, (36° 31' S, 71° 55' W, y 217 m.s.n.m.), se efectuaron seis ensayos de campo en condiciones de riego durante 1991, 1992 y 1993, con el objeto de evaluar el efecto de aplicaciones basales y suplementarias de nitrógeno sobre la calidad del grano, en dos variedades de trigo de diferente hábito de crecimiento.

En un diseño experimental de parcelas divididas con cuatro repeticiones se compararon los siguientes tratamientos y subtratamientos:

Tratamientos: aplicación basal de nitrógeno de 150 kg/ha. T<sub>1</sub>= todo a la siembra. T<sub>2</sub>= mitad a la siembra y mitad a término de la macolla.

Subtratamientos: estado fenológico del trigo para aplicar una dosis suplementaria de nitrógeno de 50 kg/ha. t<sub>1</sub> = durante el encañado. t<sub>2</sub> = a la espigadura. t<sub>3</sub> = en antesis. t<sub>4</sub> = en grano lechoso.

De acuerdo a los resultados obtenidos fue posible establecer que lo más efectivo para mejorar la calidad del grano de trigos de invierno y de primavera es mediante aplicaciones suplementarias de N entre espigadura y antesis. Esta tendencia fue más clara en el trigo de invierno que en el trigo de primavera.

**Palabras claves:** trigo harinero, *Triticum aestivum* L., parcialización dosis de nitrógeno, calidad del grano.

## LITERATURA CITADA

- ALCOZ, M.M., HANS, M.F. and HABY, A.V. 1993. Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. *Agronomy Journal* 85: 1198-1203.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. 1962. AACC Approved Methods. 7th Edn. AACC. St. Paul, Minn. USA.
- DYKE, G.V. and STEWART, B.A. 1992. Factors affecting the grain yield, milling and bread making quality of wheat, 1969-1972. I. Grain yield, milling quality and flour protein content in relation to variety and nitrogen fertilizer. *Plant Varieties and Seeds* 5: 115-128.
- GAUER, L.E., GRANT, C.A., GEHL, D.T. and BAILEY, L.D. 1992. Effects of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use of six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, in relation to estimated moisture supply. *Canadian Journal Plant Science* 72: 235-241.
- LARGE, E.C. 1954. Growth stages in cereals: Illustrations of the Feekes scale. *Plant Pathology* 3: 128-129.
- MELLADO Z., M. y GRANGER Z., D. 1988. Respuesta al nitrógeno y fósforo de variedades de trigo altas y semienanas. II. Variaciones en algunos índices de calidad industrial del grano. *Agricultura Técnica (Chile)* 48: 127-136.
- MELLADO Z., M. 1993. Eficiencia de dos fertilizantes nitrogenados aplicados en diferentes estados fenológicos en una variedad de trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)* 53: 251-257.
- MELLADO Z., M. 1994. Efecto de la fecha de siembra y del tipo de variedad sobre la calidad del trigo (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)* 54: 102-105.
- PELTONEN, J. 1992. Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat. *Crop Science* 32: 1.029-1.033.
- RAO, A.C.S., SMITH, J.L., JANDHYALA, V.K., PAPOEN-DICK, R.J. and PARR, J.F. 1993. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. *Agronomy Journal* 85: 1.023-1.028.
- WUEST, S.B. and CASSMAN, K.G. 1992. Fertilizer nitrogen use efficiency of irrigated wheat: I. Uptake efficiency of preplant versus late season application. *Agronomy Journal* 84: 682-688.