

APLICACIONES BASALES Y SUPLEMENTARIAS DE NITRÓGENO EN TRIGOS HARINEROS (*Triticum aestivum* L.) I. EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO¹

Basal and supplementary nitrogen applications in bread wheats (*Triticum aestivum* L.). I. Effect on grain yield

Mario Mellado Z.²

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, 217 m.a.s.l.), in order to evaluate the effect of basal and supplementary nitrogen applications on the grain yield of two semidwarf wheat varieties.

A split plot design with four replications, two treatments and four subtreatments were used.

Treatments: basal nitrogen applications of 150 kg/ha. T₁ = all nitrogen at sowing. T₂ = half nitrogen at sowing and half at end of tillering stage.

Subtreatments: supplementary application rates of 50 kg/ha N in four development stages. t₁ = during jointing. t₂ = during heading. t₃ = during flowering. t₄ = during milk grain.

The results indicated that splitting the nitrogen basal rate (50% at sowing and 50% at the end of tillering) generally increased grain yield, significantly, and that supplementary nitrogen application also increased grain yield significantly when this was applied at jointing stage. This tendency was more clear in winter than in spring wheat.

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

INTRODUCCIÓN

Obtener la mayor producción de grano con el nitrógeno aplicado al trigo es un desafío permanente, considerando el alto precio de los fertilizantes que aportan este nutriente, y las condiciones favorables para las pérdidas principalmente por lixiviación (Mellado, 1993). Por lo tanto, mejorando la eficiencia del uso de los fertilizantes nitrogenados se podría aplicar menor cantidad sin que disminuyera el rendimiento de grano. Así, por ejemplo, Alcoz *et al.* (1993) determinaron aumentos significativos de rendimiento de grano con aplicaciones parcializadas de N, en la forma de nitrato de amonio, cuando el 50% de este nutriente se aplicó en cobertera al estado de crecimiento 4 ó 6 de la escala de Feekes (Large, 1954), comparado con la aplicación de todo el N en presiembra, o el 50%

en aplicaciones tardías correspondientes al estado 10 de Feekes.

Peltonen (1992) señala que al aplicar N al encañado se eleva el rendimiento de grano, debido al incremento del número de granos/espiga y el peso de los granos. Este autor agrega que si el N se aplica durante la polinización sólo se aumenta el peso de los granos. Mellado (1993) determinó que la mayor eficiencia de producción de trigo se logró cuando todo el N se aplicó entre macolla y encañado (estado de crecimiento 5 a 6 de la escala de Feekes).

Darwinkel (1983) señala que las aplicaciones de nitrógeno efectuadas antes de la emergencia de la espiga mejoran el componente granos por espiga, y que las aplicaciones tardías aumentan el peso de los granos.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de algunas estrategias de aplicación de nitrógeno que permitan obtener el máximo rendimiento de grano en dos variedades de

¹Recepción de originales: 29 de diciembre de 1994.

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

²Centro Regional de Investigación Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

trigo semi-enanas de diferente hábito de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante tres temporadas (1991-1993) se realizaron seis ensayos para estudiar el efecto sobre el rendimiento de grano, de diferentes estrategias de aplicación de nitrógeno, como salitre sódico (NaNO_3), a las variedades de trigo de invierno Candela-INIA y de primavera Saeta-INIA. Las características de estas variedades son descritas por Mellado *et al.* (1991a y 1991b).

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 el nitrógeno al voleo durante la siembra.
 T_2 = mitad del nitrógeno al voleo durante la siembra y el resto 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 ($E_{11,1}$).

El tamaño de la parcela menor fue de 7 hileras de 2,5 m de largo, separadas a 20 cm.

Las características de los suelos y condiciones de manejo se indican en el Cuadro 1.

En los ensayos de otoño se usó la variedad Candela-INIA, y en los de primavera la variedad Saeta-INIA. En ambos casos se usaron 160 kg de semilla por hectárea y 65 kg /ha de P, como superfosfato triple.

Evaluaciones:

- Rendimiento de grano, en parcelas de 2 m².
- Peso de 1.000 semillas.

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 Y DISCUSIÓN

Efecto de tratamientos

En nueve de los 12 análisis de variancia, presentados en el Cuadro 2, las aplicaciones basales de nitrógeno efectuadas durante la siembra y el estado de desarrollo de 5 a 6 de la escala de Feekes, produjeron cambios significativos en los parámetros evaluados.

En el Cuadro 3 se aprecia que al dividir en dos fracciones iguales la dosis basal de nitrógeno de

CUADRO 1. Características del suelo, precipitaciones y condiciones de manejo de los ensayos

TABLE 1. Soil characteristics, rainfall and trials management conditions

Variable	Años		
	1991	1992	1993
N disponible (mg/kg)	6	7	4
P-Olsen disponible (mg/kg)	13	27	6
Materia orgánica (%)	7,5	7,5	10,5
Textura (USDA)	Franco arcillosa	Franco arcillosa	Franco
Densidad aparente (g/cm ³)	1,25	1,40	1,10
Retención humedad a 1/3 atmósfera (%)*	30	26	44
Retención humedad a 15 atmósfera (%)*	20	21	23
Fecha siembra:			
Ensayos de otoño	11 junio	13 mayo	6 mayo
Ensayos de primavera	2 agosto	4 agosto	4 agosto
Precipitaciones acumuladas desde siembra a encañado (mm):			
Ensayos de otoño	576	891	918
Ensayos de primavera	250	295	177

*Determinaciones efectuadas en el estrato 0-40 cm.

150 kg/ha (50% en la siembra y 50% en macolla), se logran generalmente aumentos significativos en el rendimiento y el peso de 1.000 semillas. Las variaciones en los valores de estos parámetros, registradas entre años, se pueden atribuir a fac-

tores abióticos, principalmente aquellos relacionados con diferencias en características físicas de los suelos y en las condiciones climáticas, tales como las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo. Respecto a las diferencias observadas

CUADRO 2. Significación de los valores de F del análisis de variancia para rendimiento de grano y peso de 1.000 semillas de las variedades de trigo Candela-INIA y Saeta-INIA

TABLE 2. F values significance of the variance analysis, for grain yield and weight of 1,000 seeds in the wheat varieties Candela-INIA and Saeta-INIA

Variedad	Característica	Año	Fuentes de variación		
			T	t	T x t
Candela-INIA	Rendimiento grano	1991	*	**	N.S.
		1992	*	**	N.S.
		1993	**	**	**
	Peso 1.000 semillas	1991	N.S.	**	N.S.
		1992	N.S.	**	N.S.
		1993	**	**	N.S.
Saeta-INIA	Rendimiento grano	1991	**	N.S.	N.S.
		1992	N.S.	**	N.S.
		1993	*	**	**
	Peso 1.000 semillas	1991	*	**	N.S.
		1992	*	**	N.S.
		1993	*	**	N.S.

T: tratamientos = aplicaciones basales de N.

t: subtratamientos = aplicaciones suplementarias de N.

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

CUADRO 3. Efecto de aplicaciones basales de nitrógeno sobre el rendimiento de grano y peso de 1.000 semillas de las variedades de trigo Candela-INIA y Saeta-INIA

TABLE 3. Effect of basal nitrogen applications on grain yield and weight of 1,000 seeds of the wheat varieties Candela-INIA and Saeta-INIA

Variedades	Años	Tratamientos	Rendimiento (qqm/ha)*	Peso 1.000 semillas (g)*
Candela-INIA	1991	T ₁	50,6 b	52,1 a
		T ₂	68,0 a	52,3 a
	1992	T ₁	54,5 b	51,6 a
		T ₂	76,3 a	50,2 a
	1993**	T ₁	36,3	48,4 a
		T ₂	66,6	46,7 b
Saeta-INIA	1991	T ₁	61,6 b	48,8 a
		T ₂	74,4 a	47,4 b
	1992	T ₁	82,1 a	52,4 a
		T ₂	85,0 a	50,6 b
	1993**	T ₁	55,7	45,9 a
		T ₂	70,1	43,9 b

T₁: 150 kg/ha de N a la siembra.

T₂: 75 kg/ha de N a la siembra + 75 kg/ha de N a la macolla.

*Dentro del año, los valores con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan al 5%.

**Interacción para rendimiento de grano (ver Figura 1).

en la respuesta de las variedades, ellas pueden atribuirse a factores genéticos y ambientales, éstos últimos, como consecuencia de las distintas fechas de siembra. Así, en el trigo Candela-INIA sembrado en otoño, el mayor rendimiento logrado al dividir la dosis basal de nitrógeno en dos partes iguales, fue de 38%, en tanto que para la variedad Saeta-INIA sembrada en primavera, este incremento fue sólo de 22%.

Efecto de subtratamientos

Según los análisis de variancia presentados en el Cuadro 2, la dosis suplementaria de nitrógeno de 50 kg/ha, aplicada en cuatro etapas fenológicas de la fase reproductiva del cultivo (encañado, espigadura, anthesis y grano lechoso), produjo cambios significativos en las variables estudiadas, especialmente en el trigo Candela-INIA.

El Cuadro 4 muestra que la aplicación suplementaria de nitrógeno durante el encañado (iniciación

floral) mejoró significativamente el rendimiento de grano del trigo Candela-INIA. En la variedad de primavera Saeta-INIA, la respuesta no fue tan marcada.

El peso de 1.000 semillas mejoró significativamente en ambas variedades, cuando el nitrógeno suplementario se aplicó entre espigadura y anthesis, pero esta respuesta, en general, no estuvo asociada con el rendimiento de grano.

Todos los resultados anteriores aparecen corroborados en los trabajos de Peltonen (1992), Mellado (1993) y Darwinkel (1983).

Interacción tratamientos x subtratamientos

En la Figura 1 se puede apreciar la interacción entre la aplicación basal y suplementaria de N para rendimiento de grano, en los ensayos de 1993, tanto en el trigo invernal Candela-INIA, como en el de primavera Saeta-INIA. Se observa

CUADRO 4. Efecto de aplicaciones suplementarias de nitrógeno sobre el rendimiento de grano y peso de 1.000 semillas de las variedades Candela-INIA y Saeta-INIA

TABLE 4. Effect of supplementary nitrogen application on grain yield and weight of 1,000 seeds of the wheat varieties Candela-INIA and Saeta-INIA

Variedades	Años	Subtratamientos	Rendimiento (qqm/ha)*	Peso 1.000 semillas (g)*
Candela-INIA	1991	t ₁	72,7 a	50,2 c
		t ₂	58,5 b	56,3 a
		t ₃	54,6 b	53,0 b
		t ₄	51,6 b	49,3 c
	1992	t ₁	76,0 a	49,6 b
		t ₂	64,2 b	52,5 a
		t ₃	61,6 b	52,3 a
		t ₄	59,9 b	49,4 b
	1993**	t ₁	66,5	47,0 b
		t ₂	48,3	49,9 a
		t ₃	46,6	49,1 a
		t ₄	44,4	46,2 b
Saeta-INIA	1991	t ₁	72,2 a	48,2 b
		t ₂	66,0 a	49,8 a
		t ₃	65,8 a	48,0 b
		t ₄	68,2 a	46,3 c
	1992	t ₁	90,9 a	50,3 b
		t ₂	80,0 b	52,4 a
		t ₃	84,1 b	52,2 a
		t ₄	79,4 b	51,0 b
	1993**	t ₁	64,9	44,5 b
		t ₂	62,5	45,3 ab
		t ₃	63,1	46,5 a
		t ₄	61,0	43,5 b

t₁ = 50 kg/ha de N a encañado; t₂ = 50 kg/ha de N en espigadura; t₃ = 50 kg/ha de N en anthesis; t₄ = 50 kg/ha de N en grano lechoso.

*Dentro de cada año, los valores con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5%.

**Interacción para rendimiento de grano (ver Figura 1).

que en la variedad Candela-INIA el efecto del N suplementario fue mucho más acentuado cuando la dosis basal se aplicó en su totalidad durante la siembra. Algo similar ocurrió con la variedad de primavera Saeta-INIA, aunque el efecto no fue tan acentuado. Las diferencias apreciadas en el comportamiento de ambas variedades pueden deberse a su distinta base genética y principalmente a la cantidad de lluvias recibidas por estos trigos,

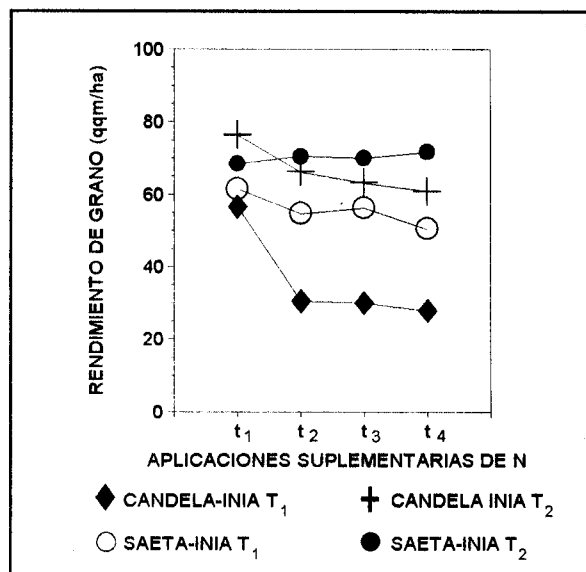


FIGURA 1. Efecto de aplicaciones basales (T₁, T₂) y suplementarias de nitrógeno sobre el rendimiento de grano (qqm/ha) de las variedades de trigo Candela-INIA y Saeta-INIA (Temporada 1993/94).

FIGURE 1. Effect of basal (T₁, T₂) and supplementary nitrogen applications on grain yield (qqm/ha) of the wheat varieties Candela-INIA and Saeta-INIA (Season 1993/94).

desde la siembra al encañado, según se observa en el Cuadro 1. Es sabido que un exceso de lluvias inhibe el desarrollo radical y disminuye la absorción de nitrógeno.

Correlaciones

En el Cuadro 5 se observa que el peso de 1.000 semillas se asoció con el rendimiento de grano, solamente en el 50% de los casos. Este componente se caracteriza, en general, por su mayor estabilidad y porque al corresponder a la etapa final del desarrollo ontogénico no puede ser compensado, como ocurre con los componentes que le anteceden, en el caso de haber una limitante en el llenado de los granos.

CUADRO 5. Coeficientes de correlación simple entre rendimiento de grano y peso de 1.000 semillas en las variedades de trigo Candela-INIA y Saeta-INIA

TABLE 5. Simple correlation coefficient between grain yield and weight of 1,000 seeds in wheat varieties Candela-INIA and Saeta-INIA

Variedad	Año	r
Candela-INIA	1991	-0,085 N.S.
	1992	-0,468**
	1993	-0,434*
Saeta-INIA	1991	-0,292 N.S.
	1992	-0,316 N.S.
	1993	-0,365*

*P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01; N.S. = no significativo; n = 32.

RESUMEN

En el Centro Regional de Investigación Quilamapu, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Chillán (36° 31' S, 71° 55' O 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 el rendimiento de grano de dos variedades de trigo semi-enanas.

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

Tratamientos: aplicación basal de nitrógeno de 150 kg/ha. T₁ = todo a la siembra. T₂ = mitad en la siembra y mitad a término de macolla.

Subtratamientos: aplicación de una dosis suplementaria de nitrógeno de 50 kg/ha en cuatro estados de desarrollo. t₁ = durante el encañado. t₂ = a la espigadura. t₃ = durante la antesis. t₄ = en grano lechoso.

Los resultados señalan que al parcializar la dosis basal de nitrógeno (50% en la siembra y 50% a fines de la macolla), generalmente se mejora significativamente el rendimiento de grano, y que la aplicación suplementaria de N fue significativamente más efectiva sobre el rendimiento cuando se aplicó durante el encañado. Esta tendencia fue más clara en el trigo de invierno que en el de primavera.

Palabras claves: trigo harinero, *Triticum aestivum* L., parcialización dosis de nitrógeno, rendimiento de 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: 1.198-1.203.
- DARWINKEL, A. 1983. Ear formation and grain yield of winter wheat as affected by time of nitrogen supply. *Netherland Journal Agricultural Science* 31: 211-225.
- LARGE, E.C. 1954. Growth stages in cereals: Illustrations of the Feekes' scale. *Plant Pathology* 3: 128-129.
- MELLADO Z., M., MATUS T., I. y GRANGER Z., D. 1991a. Candela-INIA, variedad de trigo de invernada precoz para la zona centrosur de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 51: 72-73.
- MELLADO Z., M., MATUS T., I. y GRANGER Z., D. 1991b. Saeta-INIA, variedad de trigo de primavera para la zona centrosur de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 51: 74-76.
- 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.
- PELTONEN, J. 1992. Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat. *Crop Science* 32: 1.029-1.033.