

EFFECTO SIMPLE Y COMBINADO DEL N SOBRE EL TRIGO EN TRES EPOCAS DE APLICACION

Tomás Loewy

INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave.
C. C. 44.8187 Bordenave, provincia de Buenos Aires.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar rendimiento y proteína del trigo, en respuesta de aplicaciones simples y combinadas de una dosis de N (40 kg/ha) en siembra (S), macollaje (M) y encañazón (E). Durante los años 1983, 84 y 85 se implementaron en la EEA Bordenave 4 ensayos con todas las combinaciones posibles de fertilización, en las épocas mencionadas. Los suelos utilizados fueron Haplustoles énticos y típicos. El diseño empleado fue de tres bloques completos con unidad experimental de 34 m². Las variedades sembradas fueron Klein Chamaco y Chasicó INTA. Respuestas significativas de rendimiento, se obtuvieron en S o M mientras que con E esto se logró en uno de los cuatro ensayos. La eficiencia de E se benefició en aproximadamente 100 y 150 kg/ha cuando fue precedida por S o M, respectivamente. Exceptuando un año con sequía primaveral, E mejoró el nivel de proteína en 1,3 puntos y 3,7 veces más que el aumento medio de S y M. El N en M, con relación a S, incrementó el efecto de E sobre el % de proteína en 0,36 puntos. La posibilidad de aplicar N sólido al trigo durante E puede ser un complemento de la fertilización de base, en la medida que el contenido proteico del grano presente interés económico.

Palabras clave: trigo, nitrógeno, épocas de fertilización, proteína.

SIMPLE AND COMBINED EFFECT OF N FERTILIZER ON WHEAT AT THREE TIMES OF APPLICATION

ABSTRACT

The objective of this work was to assess wheat yield and quality response to simple and combined applications of a N rate (40 kg/ha) at sowing (S), tillering (M) and stem elongation (E). During 1983, 1984 and 1985 four trials were set up at Bordenave Experiment Station with all 7 possible combinations of fertilizer applications at the times mentioned above. The soils were Entic and Typic Haplustolls. The design was of 3 complete blocks with an experimental unit of 34 m². The wheat cultivars used were Klein Chamaco and Chasicó INTA. Significant yield responses were obtained with S or M while with E, this was achieved only in one of the trials. Efficiency of E increased, when preceded by S or M, in 100 and 150 kg/ha respectively. E improved protein content in 1.3 points and 3.7 times the average increase of S and M, except in a year with spring drought. N in M increased the effect of E on % protein in 0.36 points, with respect to S. The possibility of applying solid N to wheat during E appears as a complement to previous earlier fertilization in so far as protein content in grain has economic interest.

Key words: wheat, nitrogen, date of fertilization, protein.

INTRODUCCION

El cultivo de trigo es el rubro agrícola más importante en el SO de la provincia de Buenos Aires. Las deficiencias de N se hallan muy extendidas en el área, limitando los rendimientos y el contenido proteico de los granos (Loewy y Seewald, 1980). Por otra parte, para neutralizar este problema, es aún restringido el uso de leguminosas. En estas circunstancias no puede descartarse el empleo de fertilizantes químicos, a partir de una adecuada tecnología básica del cultivo.

Si bien el rendimiento tiene —hasta el presente— una excesiva prioridad sobre el valor del producto, el uso del fertilizante nitrogenado debería contemplar una estrategia para obtener alta producción con elevada calidad del grano.

La época de fertilización en la zona (S o M) no tiene —en promedio— influencia sobre la respuesta de producción. La opción de M, sin embargo, ofrece menores riesgos de la práctica lográndose, además, un mejor valor proteico del grano (Loewy, 1990a y b).

Para obtener altos rendimientos, con elevados niveles de proteínas, es importante mantener una buena disponibilidad de N en estadios avanzados del trigo (Morris y Paulsen, 1985). Al respecto la fertilización después del M no es una técnica habitual pero existen numerosos antecedentes experimentales (Sarandon et al., 1986; Sarandon y Caldiz, 1987; Faraldo et al., 1988). Generalmente, en estos casos, las aplicaciones tuvieron lugar en momentos cercanos a antesis. En ese estadio

la planta ya absorbió entre un 80 y 90 % del N presente en madurez (Cox et al., 1985; Löffler et al., 1985) lo que impide aumentar sensiblemente el total asimilado.

Comparativamente son más escasos los estudios que incluyen el estadio de encañazón como una variante de la fertilización nitrogenada sólida (Laurent y Lazzari, 1986; Dampney, 1987). Este período, con buena disponibilidad de agua, tiene una elevada absorción del N del suelo —hasta antesis— permitiendo una alta eficiencia del fertilizante (Mary et al., 1988; Baethgen y Alley, 1989). La removilización interna de la planta, posteriormente, provee el 50 % o más del N total en el grano (Harper et al., 1987; Van Sanford y Mackown, 1987).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de aplicaciones simples y combinadas de N, en siembra, macollaje y encañazón, sobre el rendimiento del trigo y su contenido de proteína.

MATERIALES Y METODOS

Durante los años 1983, 1984 y 1985 se implementaron en la EEA Bordenave del INTA, ubicada en el partido de Puán (SO de la provincia de Buenos Aires) 4 ensayos de fertilización del trigo. Se utilizaron suelos clasificados como Haplustoles típicos (1983 y 1984) y énticos (1985) con texturas franco arenosas y areno-francas, respectivamente. En la Tabla 1 se exponen otros datos de suelos y las precipitaciones ocurridas.

Tabla 1. Algunos parámetros de los suelos empleados y las precipitaciones ocurridas en primavera.

Año	pH	M. O. %	P ppm	Lluvias (mm)			
				S	O	N	anual
1983	7,9	2,90	9	18	35	3	684
1984	7,1	3,10	8	77	120	140	998
1985-a	6,1	1,20	19	89	204	128	965
1985-b	6,2	1,45	20	89	204	128	965

El diseño de los ensayos fue de 3 bloques completos, con 8 tratamientos al azar que cubren las combinaciones posibles de 0 y 40 kg de N/ha (urea), aplicados en S, M y E, manualmente y al voleo. Los momentos empleados para M y E oscilaron en G S 24 a 26 y 32 a 34, respectivamente, de acuerdo a la escala zadocks de crecimiento (Tottman y Makepeace, 1979). Los ensayos contaron con una aplicación basal de fósforo (SPT) en la línea de siembra, a razón de 16 kg de P/ha. La unidad experimental fue de 34 m².

Se empleó la variedad Klein Chamaco (ciclo corto) y Chasicó INTA (ciclo largo), esta última sólo en 1985-b. Se utilizó una sembradora de surco profundo (25 cm entre hileras) y una cosechadora de tipo experimental (140 cm de corte).

Se determinó rendimiento (kg/ha), peso hectolítrico, peso de 1000 granos y porcentaje de proteína (Equipo INFRA - ALYZER). Mediante fórmulas que combinan rendimiento y % de proteína (del tratamiento fertilizado en relación al testigo) incluyendo una constante para la expresión cuan-

titativa de proteína en N (1/5,7), se hallaron los siguientes parámetros: recuperación en el grano del fertilizante (R N) y su utilización total o complementaria en el aumento de rendimiento (R N Y) o de proteína (R N P) (Loewy 1990b). Estos índices comparativos siempre fueron referidos a la última aplicación de N en cada tratamiento. En el ensayo 1985a se registró el número de espigas por m² en precosecha.

Los datos fueron analizados estadísticamente como experimentos factoriales (2³), calculándose los efectos principales e interacciones. Con estos valores se determinó, además, la diferencia del efecto E en presencia y ausencia de S o M para los rendimientos y el % de proteína en grano (Pimentel Gomes, 1978).

RESULTADOS

Los niveles de producción de grano oscilaron entre 2000 y 5000 kg/ha, mientras que los porcentajes de proteína variaron entre 9,6 y 13,8. Los patrones de respuesta, en los 4 sitios, pueden observarse en las Fig. 1 y 2. El sitio 1985a se diferencia por la alta respuesta en grano a las tres épocas de fertilización. En 1984 hubo una virtual respuesta a dosis cuando se sumaron los aportes de S y M y de E a éstos. Para los valores de proteína pueden mencionarse los moderados incrementos en 1985a y el efecto nulo de E en 1983.

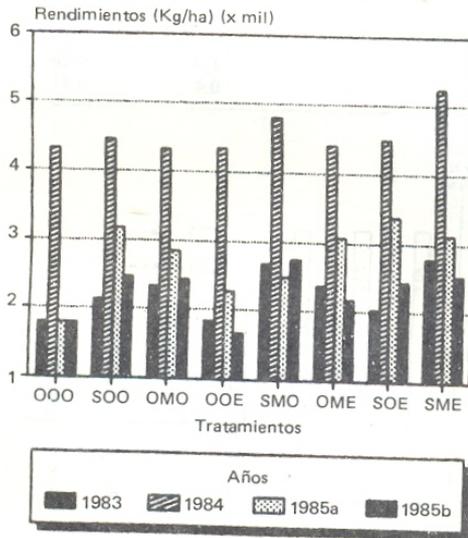


Fig. 1. Rendimiento (Kg/ha) del trigo según fertilización nitrogenada.

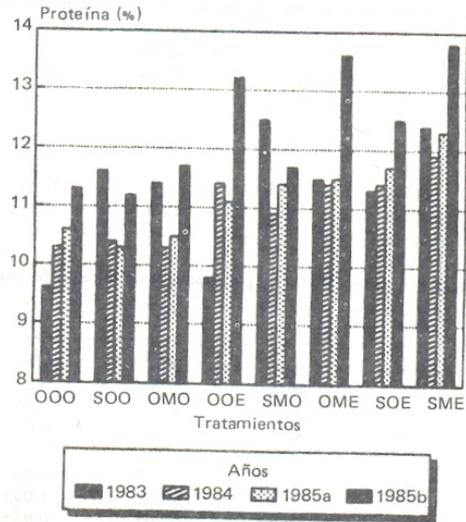


Fig. 2. Proteína en grano (%) según fertilización nitrogenada.

Excepto en el rendimiento de 1983, la explicación de la variación de las respuestas (por los tratamientos) fue alta, especialmente para el % de proteína en grano. El sitio 1985a se destacó, además, por la precisión del ensayo (Tabla 2).

El análisis factorial reveló respuestas significativas en todos los experimentos para efectos principales y en algunos casos para la interacción (Tabla 3). A excepción de S (en proteína) para 1985b, todos los efectos S y M fueron significativos o altamente significativos. El efecto E fue despreciable en 1983 pero en 1985a llegó a ser significativo para la producción y superior a M. Para el % de proteína fue significativo en tres de los cuatro casos y superior a los respectivos efectos de S o M. El aporte medio al % de proteína fue de 1,3 puntos. Los casos de interacción se dieron en S-M para dos ensayos (84 y 85a) y en algunas combinaciones con E, sólo para el sitio 1985a.

La diferencia del efecto principal E, en presencia y ausencia de S o M, se puede apreciar en la Tabla 4. Con relación al rendimiento todas las variaciones fueron positivas, siendo las que involucran a M sistemáticamente mayores. En cuanto a proteína las influencias de una y otra época tendieron a cambiar de signo, llegando a ser —en promedio— de 0,11 por M y de -0,26 por S.

Tabla 2. Respuestas globales de producción y proteína con los respectivos coeficientes de variación y R² de los ensayos.

Año	Rendimientos			Proteína		
	kg/ha	C.V. (%)	R ²	%	C.V. (%)	R ²
1983	560	19,8	0,49	2,1	5,7	0,72
1984	260	5,6	0,72	0,9	3,0	0,83
1985-a	1260	4,9	0,96	0,7	1,8	0,94
1985-b	560	13,8	0,71	1,2	3,4	0,91

Tabla 3. Valores de efectos principales y de interacción para los distintos tratamientos.

Año	S	M	E	S-M	S-E	M-E	S-M-E
1983	323*	586*	20	60	24	50	47
1984	395*	286*	148	249*	90	115	87
1985a	546*	230*	389*	-1150*	40*	49*	171
1985b	525*	382*	160	192	35	84	12
1983	1.37*	1.37*	-0.02	-0.37	-0.17	0.02	0.07
1984	0.30*	0.25*	1.05*	0.25*	-0.05	0.00	0.00
1985a	0.50*	0.50*	0.95*	0.35*	0.20*	0.00	-0.25*
1985b	-0.15	0.65*	1.80*	0.25	-0.50	0.20	0.20

Ref.: arriba rendimientos (kg/ha); abajo, proteína en grano (%).
*: efecto significativo (entre 0.01 y 5 %).

Tabla 4. Influencia relativa de la fertilización en S o M sobre el efecto del N aplicado en E.

Año	1983	1984	1985a	1985b	X	
Kg/ha	S	48	180	80	95	
	M	100	230	98	149	
% Prot.	S	-0.34	-0.1	0.4	-1.0	-0.26
	M	0.04	0.0	0.0	0.4	0.11

El P.H. y de 1000 granos (datos no presentados) no mostraron en estos ensayos variaciones significativas en relación a los tratamientos. En el sitio 1985a se evaluó el número de espigas en pre-cosecha: sólo los tratamientos S y M tuvieron un efecto principal altamente significativo (0,1 %), pasando de 223 a 282 y 273 esp/m², respectivamente.

La fertilización en S o M tuvo los mejores niveles de RN, con altos aportes relativos al rendimiento (75 %). Cuando M siguió a S mantuvo la RN pero con un mayor balance en su destino a grano/proteína (60/40 %). Las aplicaciones en E bajaron la RN a niveles del 20 % cuando fueron precedidas por S y/o M. La aplicación aislada en E sólo recuperó entre 50 y 75 % (Fig. 3).

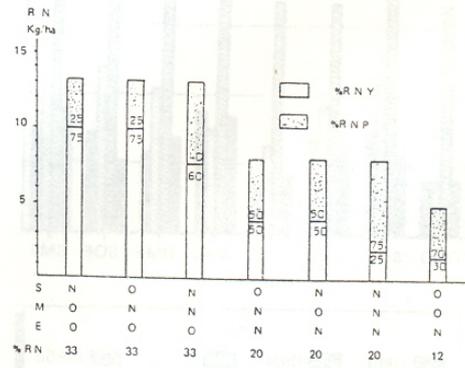


Fig. 3. Recuperación y uso del N en grano para los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada (promedios de 4 ensayos).

DISCUSION

a) Rendimientos

El uso agrícola previo de los lotes implicó respuestas moderadas a altas del trigo al N aplicado. Los contenidos de M.O. de los suelos, por otra parte, se corresponden con diferentes potenciales de producción. En 1983 este potencial no pudo expresarse, quizás, por la sequía primaveral verificada este año (Tabla 1). Las diferencias de respuesta entre 1985-a y b (Fig. 1) evidencian un mejor aprovechamiento del N por el cultivar de ciclo corto además de una menor incidencia de malezas tempranas.

Mientras que para S y M hubo respuestas significativas en todos los ensayos, con E esto se logró solamente en un caso (Tabla 3). Considerando que en las condiciones climáticas de 1983 no se aplicaría N en E, se puede decir que la respuesta de rendimiento para esta época de fertilización se dio en la probabilidad de un tercio.

Aplicaciones sólidas de N en espigazón o foliares que incluyen además, encañazón y pos-antesis, no lograron aumentos de rendimiento en otras zonas del área pampeana (Sarandon et al., 1986; Sarandon y Caldiz, 1987; Faraldo et al., 1988) aunque sí una mejora en el contenido proteico. Un trabajo que comparó la aplicación de N sólido en G S 31 (1 nudo visible) vs G S 39 (emergencia de hoja bandera) o G S 45 (espiga embuchada) reportó leves ventajas de N en grano para los estadíos posteriores, pero sin los aumentos de rendimiento propios de la fertilización más temprana (Dampney, 1987).

Las interacciones observadas muestran que en 1984 las condiciones de clima y suelo requerían altos niveles de N para potenciar la respuesta. En 1985a, en cambio, S + M fue excesivo lográndose una mejor complementación de cualquiera de estas épocas con E (Fig. 1 y Tabla 3).

Analizando E con más detalle, a través de la relación entre su efecto principal e interacción con S o M, se observó lo siguiente: las respuestas a E mejoran en presencia de S o M a razón de 95 y 149 kg/ha, en promedio, respectivamente. Esto

Tabla 5. Influencia de S, M y E (combinada y simple) sobre el cultivo.

Trat.	Rsta. física (grano)	Rsta. Proteína (%)	Recuperac. del N
S o M	buena	moderada	buena
E Comb.	moderada	buena	moderada
E simple	mala	buena	mala

sugiere que la eficiencia de E se beneficia más con M que con S y, en este caso, a niveles superiores al 50 %.

b) Proteína

A pesar que los efectos principales fueron en general positivos y significativos, la consistencia de los aportes fueron diferentes en 1983 y entre S o M vs E. Factores que limitaron el rendimiento y/o respuesta en 1983 determinaron efectos de concentración del N (Loewy, 1990b) para S y M, mientras que el N de E presumiblemente no llegó a estar disponible para el cultivo. En el resto de los sitios el efecto de E sobre la proteína fue 3,7 veces mayor que el promedio de S y M. La escasa influencia neta de S y M condice con valores de proteína entre 10,3 y 11,7, en los que el nivel de suficiencia nitrogenada del trigo no es superado (Goss et al., 1982). En series más amplias de ensayos el aporte de S y M a la proteína fue ligeramente mayor, especialmente con M (Loewy et al., 1987; Loewy, 1990b).

El N de M potenció en promedio el efecto de E sobre el % de proteína en 0,11 mientras que S lo atenuó en -0,26 puntos. Ello sugiere que dentro de un objetivo de aumento proteico del grano sería coherente complementar E con M.

c) Recuperación y utilización del N del fertilizante en el grano

La R N, R N Y y R N P para la dosis de 40 kg de N/ha varió según el momento de aplicación y la cantidad total del fertilizante (Fig. 3). El criterio de promediar estos parámetros para los 4 ensayos pretende mostrar las tendencias más previsibles dentro de un espectro de respuestas al N, sin subestimar los efectos más particulares o específicos. Para S o M los valores hallados fueron coincidentes con los de un trabajo previo (Loewy, 1990b), aunque con menor aporte y diferenciación por época al contenido proteico del grano.

Los efectos de los tratamientos en términos de respuesta y recuperación del fertilizante se encuentran esquematizados en la Tabla 5.

Este comportamiento reafirma que la fertilización durante E de ningún modo podría competir con épocas anteriores, pero puede complementarse si entre los objetivos se incluye el de mejorar la calidad del grano.

CONCLUSIONES

Las mayores respuestas en el rendimiento del

grano se lograron con aplicaciones de N en S o M. La fertilización nitrogenada en E logró respuesta significativa en uno de los cuatro casos. La eficiencia de E se benefició en aproximadamente 100 a 150 kg/ha cuando fue precedida por S o M, respectivamente.

La fertilización en E produjo incrementos importantes del % de proteína en tres de los cuatro ensayos. Para los casos con respuesta, el aumento medio fue de 1,3 puntos y 3,7 veces mayor que el de S y M. El efecto de E sobre el % de proteína, en el promedio de los cuatro ensayos, aumentó en 0,11 puntos cuando fue precedida por M y se redujo en 0,26 cuando siguió a S.

El N aplicado en E, sin sequía primaveral,

fue efectivo para aumentar el % de proteína en el grano de trigo. Como complemento de una fertilización de base tiene, además, moderadas posibilidades de incrementar los rendimientos. El uso de N sólido en E puede llegar a ser una alternativa técnica de fertilización en la medida en que el contenido proteico del grano de trigo presente interés económico.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Ing. Agr. A. Curto por su colaboración en la conducción de los ensayos y al personal de laboratorio de la Cámara Arbitral de Cereales (Bahía Blanca) por las determinaciones de proteína.

REFERENCIAS

- Baethgen, W. E. y M. M. Alley, 1989. Optimizing soil and fertilizer nitrogen use by intensively managed winter wheat. I. Crop nitrogen uptake. *Agron. J.* 81: 116-120.
- Cox, M. C.; C. O. Qualset y D. W. Rains, 1985. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop Sci.* 25: 435-440.
- Dampney, P. M. R., 1987. The effect of applications of nitrogen during stem extension and grain filling on the quality of wheat grain used for breadmaking. *Aspects of Applied Biology*, 15: 239-248.
- Faraldo, M. L.; H. A. Paccapelo y S. J. Sarandon, 1988. Efecto de la época de aplicación del fertilizante nitrogenado sobre el contenido proteico del grano de trigo en la región semiárida pampeana. *Rev. Fac. Agronomía - U. N. La Pampa.* 3: 1-15.
- Goss, R. J.; D. G. Westfall; A. E. Ludwick y J. E. Goris, 1982. Grain protein content as an indicator of N sufficiency for winter wheat. *Agron. J.* 74: 130-133.
- Harper, L. A.; R. R. Sharpe; G. W. Langdale y J. E. Guiddens, 1987. Nitrogen cycling in a wheat crop: Soil, plant, and aerial nitrogen transport. *Agron. J.* 79: 965-973.
- Laurent, G. C. y M. A. Lazzari, 1986. Absorción del 15N del fertilizante por la planta de trigo en la región semiárida pampeana. *Actas 1º Congreso Nacional del trigo. Cap. III: 129-135.* AIANBA, Pergamino, Buenos Aires.
- Loewy, T., 1990a. Fertilización nitrogenada del trigo en el sudoeste bonaerense. I. Respuesta física y diagnóstico. *Ciencia del Suelo*, 8: 47-56.
- Loewy, T., 1990b. Fertilización nitrogenada del trigo en el sudoeste bonaerense. II. Respuesta en la calidad del grano. *Ciencia del Suelo*, 8: 57-65.
- Loewy, T.; J. R. López y S. E. Garbini, 1987. Respuesta varietal del trigo al fertilizante nitrogenado en el sudoeste bonaerense. *Informe Técnico N° 44.* INTA Bordenave, 10 p.
- Loewy, T. y H. A. Seewald, 1980. Fertilidad nitrogenada para trigo en suelos del sudoeste bonaerense. *Comunicación. Actas de la IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná. E. Ríos. II: 533-536.*
- Loffler, C. M.; T. L. Rauch y R. H. Busch, 1985. Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 25: 521-524.
- Mary, B.; S. Recous y J. M. Machet, 1988. A comprehensive approach to the fertilizer part of plant nitrogen uptake. In *Nitrogen efficiency in Agricultural Soils. Proceedings Symposium, Edimburg 16-18 Sep: 85-94.*
- Morris, C. F. y G. M. Paulsen, 1985. Development of hard winter wheat after anthesis as affected by nutrition. *Crop. Sci.* 25: 1007-1010.
- Pimentel Gomes, F., 1978. *Curso de Estadística Experimental.* Ed. Hemisferio Sur. 323 p.
- Sarandon, S. J. y D. O. Caldiz, 1987. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la acumulación y partición del N en dos cultivares de *T. aestivum* L. *Rev. Fac. de Agron. (La Plata).* 63: 35-45.
- Sarandon, S. J.; M. C. Gianibelli; H. O. Chidichimo; H. O. Arriaga y C. Favoretti, 1986. Fertilización foliar en trigo (*T. aestivum* L.): efecto de la dosis y el momento de aplicación sobre el rendimiento y sus componentes, el % de proteínas y la calidad del grano. *Actas 1º Congreso Nac. del trigo, AIANBA, Pergamino. Cap. II y IV: 242-258.*
- Tottman, D. R. y R. J. Makepeace, 1979. An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Ann. appl. Biol.* 93: 221-234.
- Van Sanford, D. A. y C. T. Mackown, 1987. Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. *Crop Sci.* 27: 295-300.