

MANEJO DEL SUELO Y NITROGENO EN TRIGO *

Roberto M. Martínez, Ramón A. Rosell y Ruben Miranda
Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo, CERZOS (UNS - CONICET) y Asociación de Cooperativas Argentinas
(8000) Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Se estudia el efecto de la fertilización nitrogenada, en aplicaciones parciales, sobre los parámetros de formación de rendimiento y calidad del grano de trigo (*Triticum aestivum* cv. Cooperación Cabildo) sembrado en suelos con dos manejos típicos de la región semiárida.

El número de espigas por metro cuadrado y el factor de macollaje fueron directamente influenciados por la fertilización nitrogenada a la siembra y al macollaje. A su vez, las aplicaciones parciales tardías de nitrógeno produjeron niveles de proteínas significativamente más altos que los del resto de los tratamientos.

Palabras clave: Manejo del suelo, nitrógeno y productividad, trigo.

NITROGEN IN WHEAT OF THE SEMIARID REGION

ABSTRACT

The effect of split nitrogen applications on the yield formation factors and grain quality of wheat (*Triticum aestivum*, cv. "Cooperación Cabildo") sown in two differently managed soils and fertilized with nitrogen was studied.

The number of heads per square meter and the tillering factor were dependent upon the early (at seeding and tillering times) nitrogen fertilization. On the contrary, late split nitrogen applications gave statistically significant higher protein values than those of the other treatments.

Key words: soil management, nitrogen and productivity, wheat.

* Programa subsidiado por la SUBCYT - Código 10032405-016 y presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 1983.

INTRODUCCION

Viets (1962) considera que en la agricultura de secano es esencial conocer si se producen lapsos del ciclo del cultivo con humedad adecuada pero con limitaciones edáficas en la provisión de algún nutriente. Si en tal situación la adición de fertilizantes puede acelerar la velocidad de asimilación neta o crecimiento sin aumentar el consumo de agua, entonces el rendimiento total y la eficiencia del uso de agua serán mejorados. Por el contrario, si se incrementaran simultáneamente el crecimiento y el consumo de agua por la adición de nutrientes y, coincidentemente, se agotara la reserva de humedad, entonces los resultados pueden ser negativos si no llueve antes que se produzca la formación de los granos (Fagioli et al., 1982). Numerosos investigadores han estudiado la interacción humedad edáfica (a la siembra y/o durante el ciclo del cultivo)-fertilización nitrogenada-rendimiento del trigo. En general hay coincidencias sobre la conveniencia, pero no la esencialidad, de poseer un adecuado nivel de humedad a la siembra para obtener rendimientos satisfactorios y respuestas a la fertilización nitrogenada (Eck et al., 1968). Estos resultados son esperados con mayor certidumbre cuando hay suficiente humedad durante el ciclo del cultivo, especialmente al producirse los estadios de crecimiento y formación del rendimiento (Bauer, 1972). En la zona semiárida próxima a Bahía Blanca, en años con precipitaciones limitadas como 1980 y 1981, se observaron bajos rendimientos y falta de respuesta a la fertilización nitrogenada, si bien el manejo previo a la siembra de los suelos constituyó un factor diferencial importante sobre la producción y calidad de granos (Rosell et al., 1982).

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos durante el ciclo agrícola 1982, un año excelente en cuanto al total y la distribución de las precipitaciones, para las condiciones de manejo del suelo y fertilización nitrogenada empleadas durante los años anteriores sobre la misma variedad de trigo.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental

Los experimentos se llevan a cabo en predios ubicados a 30 km al NE de Bahía Blanca (38° 44' S; 62° 11' W), donde las precipitaciones, temperatura y evapotranspiración potencial (Thorntwaite) medias anuales son, respectivamente, 532 mm, 15,3° C y 794 mm (Donnari et al., 1974). En 1982 las precipitaciones anual y durante el ciclo del cultivo (junio-noviembre) fueron, respectivamente, 845 y 315,0 mm.

La distribución de las precipitaciones en los perio-

dos comprendidos por los estadios fenológicos en los que se aplicó el nitrógeno fue la siguiente:

- siembra-macollaje: 118 mm
- macollaje-espigazón: 137 mm
- espigazón-cosecha: 60 mm

Manejo agrícola

Se seleccionaron dos formas típicas de manejo previo del suelo en campos adyacentes de la región:

- manejo "chacra" (Ch), con cinco años alternados de agricultura (trigo) y ganadería (campo natural) y un barbecho otoñal semicubierto de ca. tres meses (desde marzo) antes de la siembra.
- manejo "rastreo" (Ra), con cinco años de agricultura anual (trigo) y un barbecho estivo-otoñal semicubierto de ca. seis meses (desde enero) antes de la siembra. Este sistema se denomina comúnmente "trigo sobre trigo".

Suelos

Los suelos son Argiustoles típicos, con textura ligeramente diferentes hasta una profundidad de 0-12 cm (Ap) en cada predio y con una capa de tosca o calcáreo de ubicación variable entre 70 a + 90 cm.

El análisis del suelo (0-20 cm) previo a la siembra se presenta en la Tabla 1. Nótese que los niveles de nitrógeno de nitratos (NO₃-N) son menores en el manejo Ch que en el manejo Ra.

Siembra y fertilización

El trigo variedad "Cooperación Cabildo" se sembró el 22 de junio de 1982 con una sembradora experimental a una distancia entre surcos de 20 cm. La densidad de siembra fue de 235 semillas por metro cuadrado con una germinación del orden del 95 por ciento.

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. La dimensión de las parcelas fue de 1,40 (7 surcos) por 5,50 metros.

En virtud de los valores bajos de fósforo disponible obtenidos mediante el análisis de los suelos, se efectuó una fertilización fosfatada de 26,2 kg de P (60 kg P₂O₅ en forma de superfosfato triple, 0-46-0) por hectárea en surco y juntamente con la semilla en todos los tratamientos.

En nitrógeno se aplicó en forma de úrea al voleo a la siembra y entre hileras durante el resto del ciclo del cultivo (Tabla 2).

TABLA 1: Análisis de los suelos de los manejos Ch y Ra. Profundidad: 0-20 cm.

Manejo	Textura	pH (1)	Materia orgánica (2) %	N. total (3) %	P (4) ppm	K (5) ppm	NO ₃ -N (6)	
							ppm	kg. ha ⁻¹
Ch	Franco	6,9	2,0	0,10	4	700	9,3	27
Ra	Franco fino	6,6	2,1	0,12	6	650	18,0	54

- (1) Suspensión suelo: agua (1:2,5).
 (2) Método de combustión húmeda de Walkley-Black.
 (3) Digestión y destilación Kjeldahl.
 (4) Método de Bray-Kurtz.
 (5) Potasio disponible, extraído con 1N acetato de amonio, pH 7.
 (6) Método potenciométrico con electrodo específico de ion nitrato.

Toma de muestra y cosecha

Se realizó la determinación de la biomasa aérea del cultivo, tomándose las plantas de dos superficies de 0,20 m² por parcela, en las siguientes fechas.

- 31 de agosto '82, macollaje (23)
- 3 de noviembre '82, espigazón (45)

La cosecha se realizó en una superficie de 15 m² (3 hileras por 2,5 m lineales) el día 22 de diciembre de 1982.

Las muestras vegetales se secaron a 60°C, se molieron con molino Wiley y tamizaron con malla de 40 mesh. El material de cosecha se dividió en grano y paja.

Determinación de nitrógeno

El nitrógeno total se determinó en muestras duplicadas con el método de Kjeldahl. El porcentaje de proteína bruta se obtuvo multiplicando el porcentaje de nitrógeno total del grano (con 13,2 por ciento de humedad) por el factor 5,7.

RESULTADOS

La parte aérea de las plantas fue analizada para evaluar la concentración de N en la biomasa durante el ciclo del cultivo, los parámetros de formación del rendimiento y la producción de paja, grano y proteína bruta en función de la fertilización nitrogenada fraccionada.

Nitrógeno en la biomasa aérea durante el ciclo del cultivo

En la Tabla 3 se presenta la concentración del N en la biomasa aérea del trigo en tres estadios de crecimiento. La aplicación de N a la siembra (tratamientos

TABLA 2: Fertilización nitrogenada del trigo, en kg N/ha.

Tratamiento	Fechas de aplicación		
	Siembra (0) * 22/6	Macollaje (23) * 31/8	Espigazón (45) * 3/11
T	-	-	-
SM	30	30	-
M	-	60	-
ME	-	30	30
SME	20	20	20

* Estadios del cultivo según código decimal de Zadocks (1974).

TABLA 3: Concentración de nitrógeno en biomasa aérea del trigo en distintos estadios de desarrollo.

Manejo y Tratamiento	Concentración de Nitrógeno, % N en materia seca			
	Macollaje	Espigazón	Cosecha	
			Grano *	Paja
Ra-T	4,22	1,00	1,68	0,22
Ra-SM	4,54	1,11	1,66	0,31
Ra-M	4,22	1,23	1,91	0,31
Ra-ME	4,22	1,00	2,12	0,32
Ra-SME	4,71	1,05	2,03	0,29
Ch-T	3,82	0,75	1,56	0,26
Ch-SM	4,60	0,89	1,81	0,26
Ch-M	3,83	0,92	1,91	0,29
Ch-ME	3,83	0,91	2,07	0,29

* Contiene 13,2 por ciento de humedad.

SM y SME) produjo las concentraciones más elevadas de N al macollaje, efecto que se hizo más notable en el manejo Ch.

A su vez, durante la espigazón, las plantas mostraron el efecto de la fertilización al macollaje con concentraciones mayores de N en la biomasa aérea de esos tratamientos (M).

Las concentraciones de N en grano y paja son mayores en los tratamientos con N que en los testigos. Las diferencias son estadísticamente significativas (se discutirán al analizar la Tabla 5).

El efecto de la fertilización nitrogenada se hizo evidente en espigazón, observándose diferencias entre los tratamientos con nitrógeno. Estas diferencias se atenúan en el muestreo de cosecha por efecto de la aplicación tardía de nitrógeno (ME y SME).

Parámetros de rendimiento

En la Tabla 4 se muestran los parámetros principales de formación de rendimiento del trigo cultivado en suelos con manejos diferentes y fertilizados con 60 kg de P₂O₅ por hectárea a la siembra y con 60 kg de N/ha durante diferentes estadios de desarrollo.

El número de espigas fértiles por metro cuadrado y el factor de macollaje fueron significativamente mayores en los tratamientos con nitrógeno, a excepción del tratamiento ME, en ambos manejos. (efecto del nitrógeno).

TABLA 4: Parámetros de rendimiento del trigo cv. "Cooperación Cabildo".

Manejo y Tratamiento	Espigas por m ²	Factor de macollaje	Granos por espiga	Peso de 1.000 granos (g)
Ra-T	253 cd	1,12	24	41,6 a *
Ra-SM	401 a	1,78	19	39,4 b
Ra-M	399 a	1,77	18	39,1 b
Ra-ME	311 bc	1,38	20	41,1 a
Ra-SME	366 ab	1,63	19	41,4 a
Ch-T	213 d	0,97	18	37,5 cd
Ch-SM	287 bc	1,30	20	37,0 d
Ch-M	341 ab	1,55	17	36,1 d
Ch-ME	250 cd	1,14	17	38,7 bc

* Los tratamientos con letras comunes no difieren (P ≤ 0,05, Test de Duncan).

El número de granos por espiga osciló entre 17 y 24 unidades, un valor relativamente bajo.

El peso promedio de 1.000 granos de todos los tra-

tamientos en el manejo Ra fue de ca. 41 g mientras que en el manejo Ch solo alcanzó ca. 37 g, siendo esa diferencia estadísticamente significativa (P ≤ 0,05).

Productividad

La Tabla 5 contiene información sobre el rendimiento (grano y paja) y el contenido proteico del trigo.

TABLA 5: Productividad del trigo cv. "Cooperación Cabildo".

Manejo y Tratamiento	Rendimiento, kg/ha		Índice de cosecha	Proteína en grano %
	Grano	Paja		
Ra-T	2.640 ab*	6.091	0,29 a	9,6 de*
Ra-SM	2.960 a	10.018	0,22 bc	9,5 de
Ra-M	2.866 ab	9.970	0,22 bc	10,9 bc
Ra-ME	2.560 ab	8.022	0,24 ab	12,1 a
Ra-SME	2.879 ab	9.898	0,22 bc	11,6 ab
Ch-T	1.432 ef	4.701	0,23 bc	8,9 e
Ch-SM	2.099 cd	8.235	0,21 c	10,3 cd
Ch-M	2.101 cd	8.249	0,20 c	10,9 bc
Ch-ME	1.677 de	8.023	0,21 c	11,8 a

* Los tratamientos que muestran una letra común no presentan diferencias significativas al 5 por ciento. (P ≤ 0,05, Test de Duncan).

Las diferencias de producción de grano entre ambos manejos son estadísticamente significativas, destacándose la superioridad de manejo Ra.

El índice de cosecha (IC) fue significativamente más elevado en el T que en los tratamientos del manejo Ra. No se observaron esas diferencias en el manejo Ch. En general el IC fue muy bajo para toda la experiencia, estimándose que se consumió una cantidad excesiva de agua en la producción de materia seca no granífera.

El porcentaje de proteína del grano es función de la fertilización nitrogenada posterior a la siembra. Los tratamientos SM y T no muestran diferencias significativas en el manejo Ra, pero si se observan en el manejo Ch. Por otro lado, la aplicación tardía de nitrógeno (ME) presenta los niveles más elevados de proteína (12,1 y 11,8 por ciento para los manejos Ra y Ch, respectivamente), los cuales son significativamente diferentes a los de los demás tratamientos. A su vez, el tratamiento SME (11,6 por ciento) no es significativamente diferente a M y ME, probablemente debido a

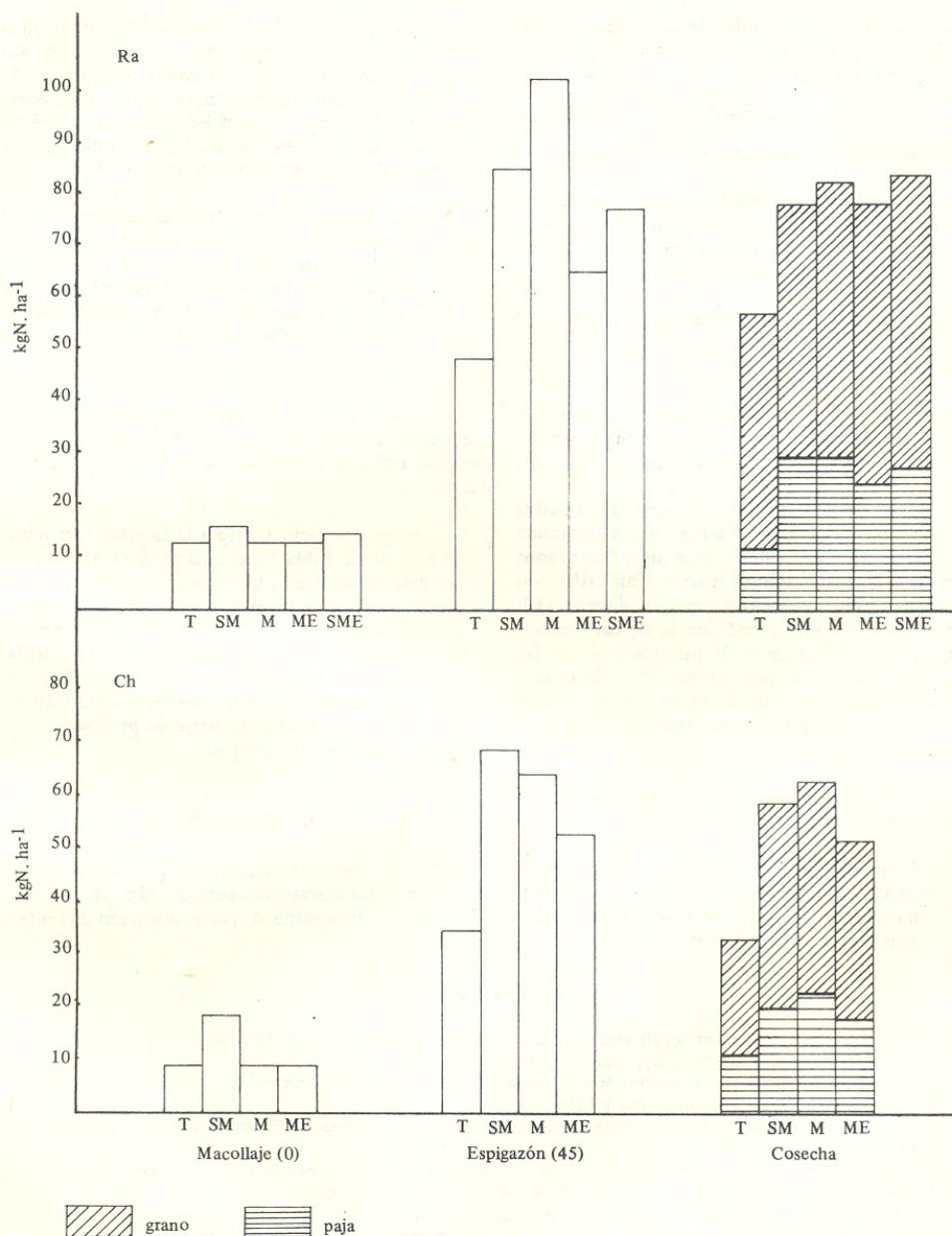


Fig. 1: Nitrógeno absorbido (kg N.ha⁻¹) en la parte aérea por el cultivo de trigo en distintos estadios del ciclo del cultivo de trigo en distintos estadios del ciclo del cultivo variedad "Cooperación Cabildo", Año 1982.

que la dosis de nitrógeno aplicada en espigazón fue de sólo 20 kg N. ha⁻¹. El tratamiento SME se efectuó solamente en el manejo Ra.

DISCUSION

Estas experiencias permitieron establecer que:

1. La concentración de nitrógeno en la biomasa aérea de las plantas de trigo disminuye desde el macollaje a la espigazón, pero esa disminución se atenúa en función de las aplicaciones tardías de nitrógeno.

2. Sobre los parámetros de formación de rendimiento del trigo cultivar "Cooperación Cabildo" se puede hacer notar que:

2.1. El número de espigas por metro cuadrado y el factor de macollaje fueron beneficiados por la fertilización nitrogenada hasta el macollaje (SM y M).

2.2. El número de granos por espiga fue relativamente bajo. No hubo diferencias entre tratamientos de fertilización sobre el peso de 1.000 granos. Sin embargo, estos valores fueron significativamente mayores en el manejo Ra que en el manejo Ch, posiblemente como consecuencia de los respectivos niveles de nitrógeno de nitratos a la siembra (ver Tabla 1). El manejo previo del suelo influyó sobre las diferencias significativas de rendimiento entre los manejos Ch y Ra independiente de la fertilización nitrogenada.

3. El análisis de los parámetros de productividad permiten establecer que:

3.1. El rendimiento de grano no fue influenciado por la fertilización nitrogenada en el manejo Ra. En cambio, en el manejo Ch hubo diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos SM y M.

3.2. El bajo Índice de Cosecha en los tratamientos fertilizados implica una baja eficiencia en el uso del N, aún habiéndose obtenido mayores rendimientos de grano. Esta situación sugeriría la conveniencia de mantener bajos los niveles de nitrógeno disponible en las fases iniciales de crecimiento a los efectos de minimizar la producción de paja.

3.3. Las aplicaciones parciales tardías de nitrógeno (tratamiento ME) produjeron niveles de proteínas significativamente más altos que los del resto de los tratamientos. En ambos manejos el valor fue del orden del 12 por ciento de proteína bruta, nivel adecuado para los requerimientos de los mercados internacionales.

Los parámetros de productividad (rendimiento y porcentaje de proteína bruta) del trigo cultivar "Cooperación Cabildo" en estas experiencias fueron influenciadas por:

- el manejo del suelo previo a la siembra (ver nivel de NO₃-N en Tabla 1), el cual produce diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) sobre el rendimiento de grano en favor de manejo Ra, independientemente de la aplicación de fertilizantes
- la fertilización nitrogenada postergada o tardía (tratamiento ME: 50 por ciento al macollaje y 50 por ciento a espigazón), la cual eleva significativamente ($P \leq 0,05$) el porcentaje de proteína bruta del grano en ambos manejos.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Agr. M. R. Landriscini por la preparación y análisis de las muestras de suelos y plantas.

A la firma Petrosur S.A. por la donación de los fertilizantes.

REFERENCIAS

- Bauer, A., 1972. Effect of water supply and seasonal distribution of spring wheat yields. Agric. Expt. Sta. Bulletin 490, North Caroline State University, Fargo, North Dakota.
- Donnari, M. A. y L. Torre, 1974. Análisis de algunos aspectos del clima de Bahía Blanca. Departamento de Geografía. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 32 p.
- Eck, H. V. and B. B. Tucker, 1968. Winter wheat yields and response to nitrogen as affected by soil and climate factors. Agron. J. 60: 663-666.
- Fagioli, M.; A. Bono y H. E. Torroba Gentilini, 1982. Productividad de los cultivos de trigo en la región semiárida pampeana. Publicación Técnica N° 24, INTA, EERA Anguil, La Pampa, 16 p.
- Rosell, R. A.; R. M. Martínez; K. Sommer and R. Miranda, 1982. Relationship of crop rotation and nitrogen availability for wheat in semiarid Argentina. Plant Nutrition 1982: Proceed. of the Ninth Intern. Plant Nut. Colloquium. Commonwealth Agric. Bureaux. 2, 551-558.
- Viets, F. G., 1962. Fertilizers and efficient use of water. Adv. Agron. 14, 223-264.
- Zadoks, J. C.; T. T. Chang and C. F. Konzack, 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14, 415-421.