

FERTILIZACION NITROGENADA DEL TRIGO EN EL SUDOESTE BONAERENSE. II. RESPUESTA EN LA CALIDAD DEL GRANO

Tomás Loewy

Estación Experimental Agropecuaria Bordenave INTA
Casilla de Correo 44. 8187 Bordenave. Provincia de Buenos Aires.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la dosis y la época de aplicación de N en trigo (*Triticum aestivum* L.) sobre el porcentaje y producción de proteína, peso hectolítrico y de 1.000 granos. Complementariamente se calculó la recuperación aproximada del N fertilizado (en el grano) y su destino relativo en el aumento de la concentración de proteína o rendimiento.

Entre los años 1980-85 se condujeron 31 ensayos de fertilización en trigo, principalmente sobre lotes pertenecientes a productores del área. El diseño utilizado fue de bloques completos con parcela dividida, en franjas. Los tratamientos fueron dosis (33-76 kg/ha) y época de aplicación (siembra-macollaje) del N. El resultado de los subtratamientos, con fertilización fosfórica, no se informa en esta entrega. La unidad experimental fue de 34 m² y los cultivares empleados Chasicó INTA, Cochicó INTA y Klein Chamaco.

La fertilización nitrogenada aumentó el porcentaje de proteína del grano de trigo en todos los ensayos. El aporte de N en macollaje fue más efectivo para mejorar el nivel proteico, sin merma de rendimiento. Con altas respuestas de producción el porcentaje de proteína se incrementó en 0,2 y 0,6 puntos al fertilizar con 33 kg de N/ha a la siembra o al macollaje, respectivamente. En estos ensayos la recuperación del N en grano fue de un 35 %. Tres cuartos de este N fue destinado a los aumentos de producción. En el grupo de ensayos con baja respuesta física, la mayor parte del N recuperado se destinó al aumento en la concentración de proteína. Los resultados indican que el intervalo crítico de proteína en grano oscila entre 11 y 12 %.

Palabras clave: trigo, fertilización, utilización del nitrógeno, proteína, calidad de grano.

NITROGEN FERTILIZATION OF WHEAT IN SOUTHWESTERN BUENOS AIRES PROVINCE. II. EFFECT ON GRAIN QUALITY

ABSTRACT

The objective of this work was to study the effect of N rates and time of application on % protein production, test weight and 1000 kernel weight in wheat (*Triticum aestivum* L.). Approximate recovery of N fertilizer (in grain) and its relative fate in regard to the increase of protein concentration or yield was calculated.

Between 1980-85, 31 wheat fertilization trials were carried out mainly in farmers fields. The design was complete blocks with subplots in strips. Treatments were rates (33 to 76 kg N/ha) and time of application (sowing or tillering). Results obtained from subtratamientos with P-fertilizer are not reported here. The experimental unit was 34 m² and the cultivars used were Chasicó INTA, Cochicó INTA and Klein Chamaco.

N-fertilization increased % protein in wheat grain in all trials. N application at tillering was more effective as a means of increasing protein level without a reduction of yield. With high yield response, % protein increased 0,2 and 0,6 points when fertilizing with 33 kg N/ha at sowing or tillering, respectively. In these experiments, N recovery in grain was 35 %. Three quarters of this N went towards yield increase. In the group of trials with little yield response, most of recovered N went towards protein concentration increase.

Results indicate that the critical range of grain protein lies between 11 and 12 %.

Key words: wheat, fertilization, nitrogen uptake, protein, quality of grain.

INTRODUCCION

La calidad del grano de trigo tiene interés desde el punto de vista comercial e industrial. En este aspecto el porcentaje de proteína es un parámetro de singular importancia. En primer lugar se ha demostrado que tiene directa relación con la aptitud panadera en los trigos de tipo duro, que son los de mayor difusión en la Argentina (Finney et al., 1987; Gianibelli y Arriaga, 1986). El contenido total de proteína en grano, por otra parte, parece tener repercusión en el comportamiento de la semilla, medido en el vigor o desarrollo de las plántulas (Busilani y Warner, 1980; Cantamutto et al., 1982).

Otros indicadores relevantes del trigo se expresan a través del peso hectolítrico y el peso de los granos. Un parámetro de incidencia económica, no evaluado en este trabajo, está determinado por la vitrosidad del producto: desequilibrios en la acumulación de reservas del grano, frecuentemente asociados a una baja disponibilidad de N en el suelo, generan una disminución en ese carácter que es castigado comercialmente. En nuestro país el tema fue abordado por varios investigadores (Arriaga et al., 1980; Möckel y Cantamutto, 1984; Cantamutto et al., 1987). De hecho existe una relación inversa entre el nivel de proteína y de granos no vitreos, comúnmente llamados "panza blanca" o "moteados" (Robinson et al., 1979; Cantamutto et al., 1986a).

Las características del grano en general y su concentración de proteínas, en particular, responden a la influencia combinada de factores climáticos, edáficos y genéticos (Smika y Greb, 1973; Kramer, 1979, 1980; Terman, 1979; Cox et al., 1985). Se ha dicho, sin embargo, que el efecto ambiental tiene una influencia cuatro veces mayor, que el varietal, sobre el nivel proteínico del grano (Spencer, citado por Benzian y Lane, 1986). Al respecto, la fertilización nitrogenada puede tener efectos importantes, según el nivel de respuesta, dosis o época de aplicación del nitrógeno. Así lo atestiguan diversos trabajos desarrollados en la región pampeana (Haertlein, 1967; Darwich et al., 1978; Tombetta et al., 1983; Fagioli et al., 1986; Gianibelli y Arriaga, op. cit.; Sarandon et al., 1986; Fraldo et al., 1988).

En el SO bonaerense se ha llegado a niveles muy bajos de proteína en el grano de trigo, coincidentemente con valores bajos de N disponible en los suelos (Loewy y Seewald, 1980). En 1984, de acuerdo a muestreos realizados en partidas comerciales de trigo, el 80 % de las mismas se hallaba con menos del 12 % de proteína (J. N. G., 1985). En va-

rios años y cultivares, valores promedio de 11,4 % en proteína fueron incrementados por la fertilización nitrogenada (Loewy et al., 1987).

En la primera parte de esta experiencia (Loewy, 1990) se informó sobre la respuesta física y el método de diagnóstico para la fertilización nitrogenada. En el presente estudio se analiza el efecto de dosis y época de la aplicación del N, sobre porcentaje y producción de proteína, peso hectolítrico y de 1.000 granos.

MATERIALES Y METODOS

Entre los años 1980-85 se implantaron 31 ensayos de fertilización en trigo (*Triticum aestivum* L.) principalmente sobre lotes pertenecientes a productores del área. El diseño utilizado fue de bloques completos con parcela dividida, en franjas. La unidad experimental fue de 34 m². Los tratamientos de N, analizados en este estudio, incluyen dosis de 33 a 76 kg/ha, aplicados a la siembra o al macollaje. Los subtratamientos corresponden a fertilización con fósforo (datos no informados). Las variedades de trigo empleadas fueron Chasicó INTA (70 %), Cochicó INTA (15 %) y Klein Chamaco (15 %). Más detalles sobre los ensayos a campo y la caracterización del área se encuentran en la primera parte de este trabajo (Loewy, 1990).

Se emplearon las muestras de grano que contaban con fertilización fosfatada (16 kg de P/ha) determinándose porcentaje de proteína (equipo INFRA-ALYZER y Analizador UDY), peso hectolítrico (balanza de Schopper) y de 1.000 granos.

A fin de realizar una evaluación aproximada de la recuperación del N aplicado y su utilización relativa, en el grano, se emplearon las siguientes fórmulas:

1. $R N = (Y_f \cdot P_f / 100 - Y_o \cdot P_o / 100) \cdot K$, donde:

R N (kg/ha) es el N del fertilizante recuperado en grano

Y_f, Y_o, son los rendimientos (kg/ha) del tratamiento fertilizado y testigo, respectivamente.

P_f, P_o, son el porcentaje de proteína en el tratamiento fertilizado y testigo, respectivamente.

K es el factor de conversión cuantitativa de proteína a nitrógeno (1/5.7).

La cantidad de N recuperada (R N) se integra con dos fracciones complementarias, destinadas al aumento de rendimiento (R N Y) y de concentración proteínica del grano (R N P):

2. $R N Y \text{ (kg/ha)} = P_o \frac{(Y_f - Y_o)}{100} \cdot K$

$$3. \text{R N P (kg/ha)} = \text{Yf} \frac{(\text{Pf} - \text{Po})}{100} \cdot \text{K}$$

La utilización de estas fórmulas implica que:

- a) cuando $\text{Yf} \leq \text{Yo}$, no existe R N Y, y
- b) cuando $\text{Pf} \leq \text{Po}$, no existe R N P

Los 3 parámetros se determinaron con los datos básicos de cada ensayo, a nivel de parcela. Para expresarlos en términos de eficiencia global de recuperación y eficiencia relativa de utilización se deducen los porcentajes respectivos, a saber:

$$\% \text{ R N} = \frac{\text{R N (kg/ha)}}{\text{dosis N (kg/ha)}} \cdot 100$$

$$\% \text{ R N Y} = \frac{\text{R N Y (kg/ha)}}{\text{R N (kg/ha)}} \cdot 100$$

$$\% \text{ R N P} = \frac{\text{R N P (kg/ha)}}{\text{R N (kg/ha)}} \cdot 100$$

Los datos de recuperación y utilización del N no reflejan exactamente el uso del fertilizante (ya que no se trabajó con elemento marcado) pero tienen un alto valor comparativo, entre tratamientos y entre ensayos.

El análisis estadístico de los experimentos se realizó individualmente, en cada sitio, para los tres parámetros (P H, P 1000 granos y % de proteína). Para el análisis de varianza y las diferencias entre tratamientos (Duncan) se escogió un nivel de significancia de 5%. La expresión de los resultados se expresan frecuentemente en dos grupos, a saber: ensayos con y sin respuesta significativa de rendimiento, siendo la notación respectiva E C R y E S R.

La correspondencia de estos grupos con años diferentes determinó leves variaciones en las dosis de N y en la composición varietal por lo que no se comparan valores de P H y P 1000 granos.

RESULTADOS

El P H, P 1000 granos y el % de proteína variaron estadísticamente con la fertilización entre un 50 y 70 % de los casos. La frecuencia de significancia fue mayor en los E C R. Los cambios fueron positivos y negativos en diferente proporción, según el parámetro considerado (Tabla 1) pero sin relación con los grupos de ensayo.

Tabla 1. Variaciones con significancia estadística (5 %) debido a la fertilización nitrogenada, en tres atributos del grano de trigo. n total = 28.

| Parámetro | Nº de ensayos con sig. estad. | Porcentaje de casos con efecto de | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------|-------|
| | | Aumen. to | Disminución | Dosis | Epoca |
| P H | 16 | 50 | 50 | 30 | - |
| P 1000 | 18 | 17 | 83 | 22 | - |
| % de Proteína | 17 | 100 | 12 (*) | 70 | 70 |

(*) En dos sitios hubo respuestas de aumento y disminución, simultáneamente, según dosis.

Teniendo en cuenta la escasa variación absoluta (P H) y los similares patrones de respuesta alcanzados (P 1000 y % de proteína), el análisis de los resultados incluye los promedios de todos los experimentos, estratificados según nivel de respuesta y tratamiento de fertilización.

1. Recuperación (en grano) del N fertilizado y su destino relativo en proteína y rendimiento.

Los parámetros definidos como R N, R N Y y R N P fueron modificados directamente por el nivel de respuesta física al fertilizante. La dosis y época de aplicación del N tuvo, asimismo, efectos consistentes sobre estas variables.

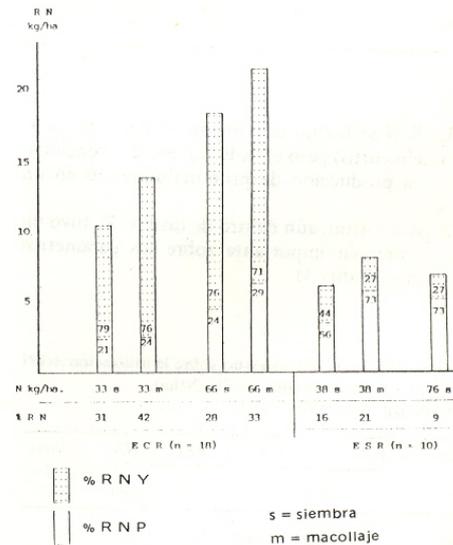


Fig. 1. Utilización del N del fertilizante según nivel de respuesta, dosis y época de aplicación.

En los E C R y E S R el porcentaje osciló entre 30-40 y 10-20, respectivamente. Para el primer grupo de ensayos, la "partición" del N recuperado implicó destinar, aproximadamente, 3/4 al aumento de rendimiento y 1/4 al aumento del nivel de proteína. Por aplicación al macollaje la R N fue un 36 y 18 % mayor, para las dosis de 33 y 65 kg de N/ha, respectivamente. Estos incrementos fueron determinados por la mejora en el contenido proteico del grano. En los E S R la R N se redujo a menos de la mitad, mientras que su "partición" mostró el sentido opuesto.

Dentro de variedades de trigo con similar potencial de producción, la época de siembra tuvo una incidencia relevante en su nutrición nitrogenada. Dos variedades de diferente ciclo sembradas con un defasaje de 60 días, difirieron en la recuperación y utilización del fertilizante (Tabla 2).

Tabla 2. Recuperación y utilización del N fertilizado en relación a épocas de siembra, año 1984, promedio de dos sitios. (Dosis media = 55 kg de N/ha).

| Siembra | R N % | R N P % | Proteína | |
|----------|----------|------------|----------|-------|
| | | | % | kg/ha |
| Temprana | 28 | 11 | 8,9 | 285 |
| Tardía | 24 | 38 | 10,5 | 373 |

La R N se redujo ligeramente en la siembra tardía (ciclo corto) pero el % R N P fue 2,5 veces mayor y la producción de proteína aumentó en un 30 %.

El año o sitio, aún dentro de los E C R, tuvo un efecto también importante sobre los parámetros analizados (Tabla 3).

Tabla 3. Influencia del año-sitio sobre la utilización del N fertilizado (dosis media = 55 kg N/ha). Variedad: COCHICO INTA

| Año | n | R N = R N P + R N Y | | | PROTEINA | | Lluvia jun./dic. mm |
|------|---|---------------------|-----|-------|----------|-----|---------------------------|
| | | kg/ha | % | kg/ha | % | | |
| 1984 | 3 | 21 | 6,9 | 14,0 | 11,0 | 535 | 480 |
| 1985 | 2 | 14 | 0,3 | 13,7 | 11,0 | 291 | 683 |

En 1985 la R N fue inferior en un 33 %, pero la R N Y conservó su nivel eliminando virtualmente la R N P. El % de proteína en grano, sin embargo, se mantuvo constante a expensas de una drástica reducción del rendimiento. El aumento de lluvias durante el ciclo del cultivo, en 1986, fue de un 42 %.

2. Influencia del fertilizante sobre la producción de proteína y su porcentaje en grano.

Los efectos diferenciales de la fertilización nitrogenada, sobre estos dos parámetros se pueden apreciar en la Fig. 2.

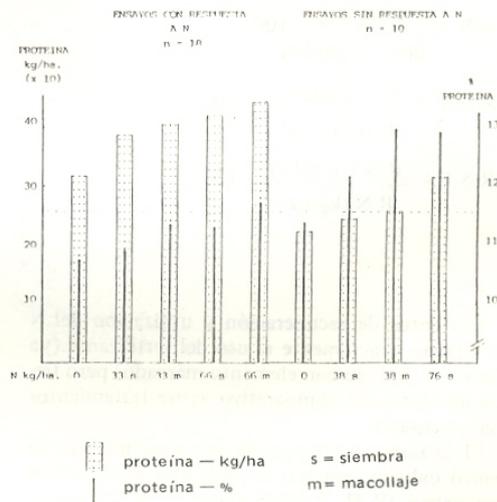


Fig. 2. Producción y concentración de proteína según nivel de respuesta, dosis y época de fertilización nitrogenada al trigo.

El incremento en la producción de proteína en los E C R fue un 78 % mayor que en los E S R. Las variaciones en el % de proteína, en cambio, mostraron una tendencia inversa: por fertilización el aumento fue de 0,6 y 1,3 puntos y por aplicación en macollaje, 0,4 y 0,8 puntos en los E C R y E S R, respectivamente. Es decir que los efectos de concentración de proteína se duplicaron en condiciones de baja respuesta física.

3. Variación del peso hectolítrico y de 1000 granos en relación a la fertilización nitrogenada del trigo.

El valor de estas características del grano fue levemente modificado por la fertilización (Tabla 4).

Tabla 4. Peso hectolítrico y de 1000 granos agrupados según dosis y nivel de respuesta al fertilizante nitrogenado.

| Dosis N kg/ha | P H | P 1000 | Dosis N kg/ha | P H | P 1000 |
|------------------|-------|--------|------------------|-------|--------|
| 0 | 80,10 | 38,71 | 0 | 82,85 | 34,65 |
| 33 s | 80,11 | 38,13 | 38 s | 82,18 | 32,95 |
| 33 m | 80,04 | 38,30 | 38 m | 82,15 | 32,97 |
| 66 s | 80,05 | 37,68 | 76 s | 81,06 | 32,68 |
| 66 m | 80,17 | 37,54 | — | — | — |
| E C R | | | E S R | | |

Dentro de los E C R el P H no mostró diferencias con la fertilización. El peso de 1000 granos tuvo una pequeña tendencia a bajar, especialmente en las dosis mayores de N. En los E S R el P H bajó con la dosis alta de N y el P 1000 se redujo sistemáticamente en casi 2 gramos en todos los tratamientos fertilizados.

DISCUSION

En este análisis no se considera la posible influencia varietal sobre el contenido proteico del grano. Se asume que este factor tiene relevancia cuantitativamente pequeña en relación a los efectos edafoclimáticos (Terman et al., 1969; Kramer, 1979; Campaña y Sempé, 1984).

La disponibilidad de N en el suelo es uno de los factores ambientales más importantes en la determinación del contenido de proteína en grano. En la bibliografía se describen tres zonas o segmentos de relación rendimiento/proteína cuando se aplican, por ejemplo, dosis crecientes de N al suelo. En una primera etapa, las respuestas de rendimiento son altas, en términos de eficiencia, permaneciendo prácticamente constante el nivel de proteína. A continuación se logran aumentos simultáneos de ambas variables mientras que con dosis altas (consumo "de lujo") sólo se logra incrementar la concentración de proteína, (Kramer, op. cit.; Macy, citado por Goos et al., 1982).

Para un nivel dado de N se acepta que aquellos factores que favorecen un mayor rendimiento deprimen el valor de la proteína en grano, por el llamado efecto de dilución y viceversa (Olson y Sander, 1975; Terman, 1979). Dentro de un cultivar la relación rendimiento/proteína varía con la disponibilidad de N y entre cultivares —como nor-

ma— es inversa (Kramer, 1979; 1980). En el área estudiada estas relaciones están fuertemente afectadas por las variaciones climáticas: debido a que el agua es el primer factor que limita la producción, se recomiendan dosis o disponibilidades moderadas de N para trigo. Cuando se obtiene un elevado contenido de proteína, en general, no es por una fertilización excesiva (consumo "de lujo"), sino por un desequilibrio nitrógeno-agua y por defecto de este último recurso. En estas condiciones el aumento de proteína en grano se produce a expensas de una caída en el nivel de rendimiento. Es decir, opera el efecto de "concentración" de N (Fig. 2, E S R). Cuando el trigo sucede a una pastura mixta perenne, es común un déficit hídrico relativo, frente a la elevada disponibilidad de N (Loewy, 1981; 1987).

Teniendo en cuenta este marco conceptual se interpretan los resultados del presente trabajo.

1. Recuperación (en grano) del nitrógeno fertilizado y su destino relativo en proteína y/o rendimiento.

En los E C R la recuperación del fertilizante en grano fue buena. La literatura cita valores de 48 a 55 % en la parte aérea (Stanford y Hunter, 1973; Pino y Rodríguez, 1980). En nuestro caso asumiendo que el N en grano representa poco más del 70 % del total absorbido (Campbell et al., 1977; Waldren y Flowerday, 1979) llegamos a niveles de 42 y 58 % para una dosis de 33 kg de N/ha, aplicada a la siembra y al macollaje, respectivamente. La mayor recuperación del N diferido se logró por un aumento en la concentración de proteína.

Bajo condiciones favorables de humedad (E C R), el N del fertilizante es destinado —en alta proporción— a incrementar los rendimientos, relegando a valores muy discretos los aumentos de proteína. Las tendencias se invierten cuando existe una severa limitación hídrica (Fig. 1 y 2). Este comportamiento fue hallado por otros autores, en experimentos con riego y en secano (Terman et al., 1969).

La R N y su "partición" también se pueden alterar como respuesta a la variable mineralización del N del suelo, generalmente por diferentes longitudes y tipos de barbecho (Loewy, 1979; 1980; Gambaudo et al., 1987). Otros factores de sitio o de año que modifiquen los rendimientos tendrán influencia sobre estos parámetros. Ejemplos de estas circunstancias se aprecian en las Tablas 2 y 3. El lavado de los nitratos de 1985 por exceso de lluvias parece haber incluido parcialmente al fertilizante, contribuyendo a una menor recuperación en el grano (Powlson et al., 1986).

2. Influencia del fertilizante sobre la producción de proteína y su porcentaje en grano.

La producción y el nivel de proteína fueron afectados por el grado de respuesta, época de aplicación y dosis del fertilizante, en este orden (Fig. 2). Los intervalos del % de proteína, con altas y bajas respuestas de rendimientos, oscilaron en 10,7 - 11,7 y 11,4 - 13,0 %, respectivamente.

Si se utilizan estos valores como indicadores post-cosecha de la suficiencia del N para el cultivo, se coincide con un trabajo específico conducido en Colorado, U.S.A. (Goos et al., op. cit.). En efecto, valores por debajo de 11,1 estiman una alta probabilidad de que los rendimientos hayan sido limitados por una deficiencia de N. Entre 11,1 y 12 % la producción pudo o no ser disminuída por una falta de N. Niveles de más del 12 % difícilmente se pueden asociar a una pérdida de rendimiento por baja fertilidad nitrogenada del suelo: alrededor de 11,5 % se ubica el valor crítico. En nuestra situación, contenidos mayores al 12 % se corresponden con limitaciones en el rendimiento, por déficit hídrico. El testigo (11,4 %) incluye, además, baja disponibilidad de N.

En todos los E C R se observaron aumentos en el contenido de proteína. La aplicación del N en macollaje mejoró en 4 décimas el porcentaje de proteína obtenido con la fertilización a la siembra, sin depresión del rendimiento físico. El resultado coincide con experiencias previas, realizadas en la zona (Loewy et al., 1987) y en el extranjero (Hunter y Stanford, 1973).

En el país no se conocen trabajos específicos de calidad de grano o diagnóstico de fertilización donde se compare la aplicación del N a la siembra vs macollaje. Durante 3 años en Marcos Juárez (Córdoba) no hallaron respuestas consistentes en el valor de proteína por fertilización en macollaje, en relación a otros ensayos con incorporación de N a la siembra (Tombetta et al., 1986).

Una experiencia realizada por investigadores de la Universidad de La Plata concluyó que la máxima absorción (recuperación) del N se logra cuando éste se aplica a la siembra (Sarandon y Caldiz, 1987). En este caso, sin embargo, se ensayaron las épocas siembra-espigazón, sin incluir la aplicación nitrogenada en macollaje. Si bien una buena provisión de N post-antesis es importante para obtener un rendimiento máximo y alta concentración de proteína (Morris y Paulsen, 1985) el trigo, en floración, ya absorbió entre un 80 al 90 % del N total en madurez, (Waldren y Flowerday, op. cit.); Cox et al., 1985; Loffler et al., 1985). Las aplicaciones de N en esta época generalmente no aumentan los rendimientos de grano, aunque pueden ser

muy eficientes para mejorar su contenido proteico (Laurent y Lazzari, 1986; Sarandon et al., 1986; Faraldo et al., 1988). Ocasionalmente, no obstante, puede lograrse el aumento simultáneo de ambos parámetros (Gallagher et al., citado por Halvorson, et al., 1987).

En el presente trabajo los aumentos en la concentración de proteína por fertilización en macollaje fueron compatibles con altas respuestas de rendimiento.

3. Variación del P H y de los granos en relación a la aplicación de nitrógeno.

A pesar de que hubo un 57 % de ensayos con respuesta significativa del P H las modificaciones fueron pequeñas y —en el promedio general— el parámetro no fue afectado por la fertilización. El signo de las variaciones fue independiente del nivel de respuesta física al fertilizante. Es común sin embargo, hallar depresiones leves y moderadas en el P H por la adición de N al cultivo (Tombetta et al., 1983; Loewy et al., 1987) probablemente por una mayor susceptibilidad del grano a la deshidratación ("arrebato") en el periodo de madurez. Para las dosis de N aconsejadas en el área (Loewy, 1990) las variaciones de P H no tienen significación comercial y son despreciables en relación a las derivadas del comportamiento varietal (López et al., 1987). Una posible reducción de este parámetro, además, suele estar acompañado por un aumento en la vitrosidad del grano (Tombetta et al., 1983).

Los efectos negativos del lavado en precosecha, entre los que se halla un disminución de la vitrosidad, son atenuados en granos con mayor contenido proteico (Cantamutto et al., 1986b). La fertilización nitrogenada, por lo tanto, tiene efectos directos e indirectos en la reducción de granos no vítreos.

En los E C R el peso de los granos fue una componente "neutra", que no afectó la producción en relación al fertilizante. Similares resultados se obtuvieron en Pergamino, provincia de Buenos Aires (Magrin et al., 1983). En Marcos Juárez (Córdoba) se verificó una reducción del peso de los granos con la fertilización y con el aumento de la dosis (Tombetta et al., 1983). En La Pampa con muy buenas respuestas de rendimiento —sin embargo— hallaron incrementos significativos de este parámetro a través de la fertilización nitrogenada (Quiruga y Paccapelo, 1988).

En los E S R el peso de los granos fue menor y, además, aportó negativamente el rendimiento de los tratamientos fertilizados.

CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada aumentó el porcentaje de proteína del grano de trigo en todos los ensayos. El aporte del N en macollaje fue más efectivo para mejorar el nivel porteico, sin merma de rendimiento.

Con altas respuestas de producción el porcentaje de proteína se incrementó en 0,2 y 0,6 puntos por la aplicación de 33 kg de N/ha, a la siembra y al macollaje. Para 66 kg de N/ha, los aumentos respectivos fueron de 0,5 y 1,0 puntos. Con bajas o nulas respuestas los efectos se duplicaron.

En el intervalo de dosis ensayadas (33-76 kg de N/ha), la recuperación del fertilizante en grano fue de un 35 % en sitios con alta respuesta y de 15 % en sitios con baja respuesta física. Las proporciones del nitrógeno recuperado destinadas a incrementos de grano/concentración de proteínas fueron 75/25 y 33/67 %, para los casos de alta y baja

respuesta de rendimiento, respectivamente.

Los resultados sugieren que el intervalo crítico de proteína en el grano de trigo oscila entre 11 y 12 %. Por encima o por debajo de estos valores, los rendimientos fueron limitados por deficiencias hídricas y nitrogenadas, respectivamente.

El P H de los granos tuvo escasas diferencias por fertilización con una tendencia a bajar en los ensayos con bajas respuestas al nitrógeno. El peso de los granos mostró una muy leve disminución con el fertilizante, sobre todo en las dosis mayores de nitrógeno y con respuestas bajas de rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Ing. Qca. Cristilla Valle (C. Arb. de Cer. B. Blanca), al Ing. Agr. Juan C. Salvador (Criadero A.C.A., B. Blanca) y al Bach. Miguel A. Giménez (E.E.A., Bordenave) por las determinaciones efectuadas en las muestras de trigo.

REFERENCIAS

- Arriaga, H.O.; H. O. Chidichimo y M. E. Sempé, 1980. El carácter vitro del grano de trigo. Revista Facultad de Agronomía. U.B.A. 1 (1): 47-61.
- Bulisani, E. A. y R. L. Warner, 1980. Seed protein and nitrogen effects upon seedling vigor in wheat. Agron. J. 72: 657-661.
- Benzian B. y P. W. Lane, 1986. Protein concentration of grain in relation to some weather and soil factors during 17 years of English Winter-Wheat experiments. J. Sci. Food Agric., 37: 435-444.
- Cantamutto, M. A.; F. E. Möckel, E. G. Gaido y D. G. Gullace, 1982. Caracteres de la descendencia afectados por la vitrosidad de la semilla en algunas especies del género "triticum". Rev. Fac. de Agronomía 3 (3): 213-221.
- Cantamutto, M. A.; F. E. Möckel; G. D. Gullace; L. M. Gallez; A. R. Vallati; M. R. Landriscini y E. G. Gaido, 1986. a. Relaciones entre el contenido de proteína, Panza blanca, Peso de 1000 granos y P. H. en *Triticum aestivum* L. C. V. Cooperación Cabildo (80-84). Actas 1º Congreso Nac. del Trigo AIANBA - Pergamino. Cap. II y IV: 29-40.
- Cantamutto, M. A.; F. E. Möckel; L. M. Gallez y G. D. Gullace, 1986. b. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el "lavado" del grano de trigo. Rev. de la Fac. de Agronomía. Tomos LXI y LXII, 1985-86: 131-141.
- Cantamutto, M. A.; F. E. Möckel; A. R. Vallati; L. M. Gallez y M. S. Zabaloy, 1987. Peso, proteína y densidad de los granos no vitreos (Panza Blanca y Moteados) en *Triticum aestivum* L. cv. Cooperación Cabildo. Rev. Fac. de Agronomía 8: 141-148.
- Campana, L. E. y M. E. Sempé, 1984. Trigo: Influencia genética y ambiental sobre rendimiento y contenido proteico. Rev. de la Facultad de Agronomía (UNLP) Tomo LX: 79-89.
- Campbell, C. A.; H. R. Davidson y F. G. Warder, 1977. Effects of fertilizer and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the aboveground parts of spring wheat. Can. J. Soil Sci. 57: 311-327.
- 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.
- Darwich, N. A.; A. Berardo; E. E. Tombetta y M. E. Dean, 1978. Efecto de la fertilización sobre el porcentaje de proteína en granos de trigo. VIII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Resúmenes de trabajos y Comun. pág. 89. Buenos Aires.
- Fagioli, M.; A. Bono y S. Aymar, 1986. Influencia de la fertilización nitrogenada y fosfática sobre el contenido proteico del grano de trigo. Comunicación. Actas XI Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Neuquén/Río Negro. Pág. 90.
- 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 - UN La Pampa. 3: 1-15.
- Finney, K. F.; W. T. Yamazaki; V. L. Youngs y G. L. Rubenthaler, 1987. Quality of hard, soft, and durum wheats. In wheat improvement-Agronomy Monograph N° 13. (2nd. Edition): 677-748. American Soc. Agronomy. Madison, Wis.

- Gambaudo, S. P.; H. S. Vivas y R. F. Moresco, 1987. Longitud del barbecho y la producción de trigo, *Ciencia del Suelo*, 5: 43-49.
- Gianbelli, M. C. y H. O. Arriaga, 1986. Influencia de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento, contenido proteico y parámetros de calidad industrial en cultivares de *Triticum aestivum* L., *Rev. de la Fac. de Agronomía (UNLP) LXI y LXII*: 85-96.
- Goos, 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.
- Haertlein, H., 1967. Calidad industrial de las muestras de trigo de los ensayos de fertilización 1962/36 de la E.E.A. Marcos Juárez. Informe. IDIA Nº 233: 311-322.
- Halvorson, A. D.; M. M. Alley y L. S. Murphy, 1987. Nutrient requirements and fertilizer use. In wheat and wheat Improvement-Agronomy Monograph Nº 13. (2nd. Edition). p. 345-383. American Soc. Agronomy. Madison, Wis.
- Hunter, A. S. y G. Stanford, 1973. Protein content of Winter Wheat in Relation to rate and Time of Nitrogen Fertilizer Application. *Agron. J.* 65: 772-774.
- Junta Nacional de Granos, 1985. Evaluación del contenido proteico en trigo pan, por variedad y zona de cultivo. Campaña 1984/85.
- Kramer, 1979. Environmental and genetic variation for protein content in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) *Euphytica* 28: 209-218.
- Kramer, T., 1980. Protein content of wheat: crop physiological and breeding aspects. *Int. Cong. on Dryland Farming. Adelaide, South Australia*: 688-696.
- Laurent, G. C. y M. A. Lazzari, 1986. Absorción del 15 N del fertilizante por la planta de trigo en la región semiárida pampeana. *Actas 1º Congreso Nacional de Trigo, Cap. III*: 129-135. AIANBA, Pergamino. Bs. As.
- Loewy, T., 1979. Variaciones del nitrógeno inorgánico en un suelo de Bordenave (Bs. As.) Tesis Un N. S. Bahía Blanca. Ed. INTA Bordenave. 88 p.
- Loewy, T. y H. A. Seewald, 1980. Fertilidad nitrogenada para trigo en suelos del sudoeste bonaerense. *Comunicación. Actas de la IX Reunión Arg. de la Ciencia del Suelo. Paraná, E. Ríos. II*: 533-536.
- Loewy, T., 1980. Relación entre métodos de labranza y fertilidad nitrogenada del suelo, para trigo, en Bordenave (Bs. As.) *Actas de la IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná, E. Ríos. II*: 771-775.
- Loewy, T., 1981. Fertilidad de suelos en el S. O. de la Prov. de Bs. As. *Boletín de Divulgación Nº 8 - INTA Bordenave*. 12 p.
- Loewy, T., 1987. Rotación leguminosa-trigo y fertilidad nitrogenada del trigo. *Ciencia del Suelo*, 5: 57-64.
- Loewy, T., 1990. Fertilización nitrogenada del trigo en el sudoeste bonaerense. I. Respuesta física y diagnóstico. *C. del Suelo*, 8: 47-56.
- Loewy, T.; J. R. López y S. E. Garbini, 1987. Respuesta varietal del trigo al fertilizante nitrogenado en el Sudoeste Bonaerense. *Informe técnico Nº 43 INTA, Bordenave*. 13 p.
- Löffler, 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.
- López, J. R.; S. E. Garbini y T. Loewy, 1987. Comportamiento varietal del trigo en el Sudoeste bonaerense. *Informe Técnico Nº 44. INTA Bordenave*, 10 p.
- Magrin, G.; C. Senigagliales y T. Loewy, 1983. Análisis de la variación del rendimiento y sus componentes en trigo bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilizante nitrogenado. *Informe Técnico Nº 190. INTA Pergamino*. 15 p.
- Möckel, F. E. y M. A. Cantamutto, 1984. Endosperma no vitreo en trigo. Una revisión bibliográfica. *Rev. Fac. de Agronomía*. 5: 23-39.
- Morris, C. F. y G. M. Paulsen, 1985. Development of Hard Winter Wheat After Anthesis as affected by Nutrition. *Crop. Sci.* 25: 1007-1010.
- Olson, R. A. y D. H. Sander, 1975. The effective use of fertilizers in wheat production. 2º Int. Winter Wheat Conf. Proc., 256-271. Zagreb, Yugoslavia.
- Pino, I. y J. Rodríguez, 1980. Economía del nitrógeno en genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) y triticale (*Triticosecale* sp.). I. Efecto del N en la producción de materia seca, grano y proteína. *Anales de Edaf. y Agrobiol.* XXXIX: 1369-1377.
- Powlson, D. S.; P. B. S. Hart; G. Pruden y D. S. Jenkinson, 1986. Recovery of 15N-labelled fertilizer applied in autumn to winter wheat at four sites in eastern England. *Journal of Agric. Sci. U.K.* 107: 611-620.
- Quiroga, A. R. y H. A. Paccapelo, 1988. Fertilización nitrogenada en trigo: influencia sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso del agua. Región semiárida pampeana. *Rev. Fac. de Agronomía. U. N. La Pampa*. 3: 57-68.
- Robinson, F. E.; D. W. Cudney y W. F. Lehman, 1979. Nitrate fertilizer timing, Irrigation, Protein, and Yellow Berry in Durum Wheat. *Agron. J.* 71: 304-308.
- 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.

- Smika, D. E. y B. W. Greb, 1973. Protein Content of Winter Wheat Grain as Related to soil and Climatic Factors in the Semi-arid Central Great Plains, *Agron. J.* 65: 433-436. .
- Terman, G. L., 1979. Yields and protein content of wheat grain as affected by cultivar, N, and environmental growth factors. *Agron. J.* 71: 437-440.
- Terman, G. L.; R. E. Ramig; A. F. Drier y R. A. Olson, 1969. Yield-protein relationships in wheat grain, as affected by nitrogen and water. *Agron. J.* 61: 755-758.
- Tombetta, E. E.; M. B. Cuniberti y M. B. Formica, 1986. Resultados de la fertilización nitrogenada tardía sobre la calidad comercial e industrial del trigo pan. *Actas 1º Cong. Nac. del Trigo, AIANBA. Pergamino, Cap. II y IV: 205-214.*
- Tombetta, E. E.; J. A. Viale; M. C. de Redondo; P. Novello; J. A. Bonel; A. I. Legaza y C. A. Senigagliaesi, 1983. Influencia de la fertilización en la calidad comercial e industrial del trigo. *XI Certamen Bolsa de Comercio de Rosario, 27 p.*
- Waldren R. P. y A. D. Flowerday, 1979. Growth stages and distribution of dry matter, N, P, and K in winter wheat. *Agron. J.*, 71: 391-397.