

Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 103 (1), 1998

## El contenido de nitrógeno en la hoja bandera del trigo como predictivo del incremento de proteína en el grano por aplicaciones de nitrógeno en la espigazón

H. E. ECHEVERRÍA & G. A. STUDDERT

Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce. e-mail: [hecheverr@inta.gov.ar](mailto:hecheverr@inta.gov.ar)  
C.C. 276 (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina

ECHEVERRÍA, H. E. & G. A. STUDDERT. 1998. El contenido de nitrógeno en la hoja bandera del trigo como predictivo del incremento de proteína en el grano por aplicaciones de nitrógeno en la espigazón. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):27-36.

En este trabajo se pretende establecer la relación entre el contenido de proteína de los granos de trigo (*Triticum aestivum* L.) y la concentración de N en la hoja bandera (HB) en el período de grano lechoso, y si la concentración de N en HB en el momento de emergencia de las espigas, tiene valor predictivo de la respuesta en contenido proteico de los granos, a aplicaciones de N en dicho momento. En 1995 se evaluó un ensayo en que los tratamientos fueron cultivos antecesores: maíz (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merr.) y girasol (*Helianthus annuus* L.). En 1996 los tratamientos del ensayo evaluado fueron sistemas de labranza: convencional (LC) y siembra directa (SD). Ambos ensayos fueron fertilizados con N en la siembra (0 y 120 kg ha<sup>-1</sup>) y dos días después de la aparición de las espigas (0, 20 y 40 kg ha<sup>-1</sup>). Esta última aplicación no produjo efectos sobre el peso de los granos ni sobre el rendimiento. Tanto la concentración de N en la HB como el contenido de proteína de los granos, fueron incrementados por las fertilizaciones en la siembra y/o en la emergencia de las espigas, especialmente en condiciones de baja disponibilidad inicial de N. El contenido de proteínas se correlacionó positivamente con la concentración de N en HB en el estado de grano lechoso. Las aplicaciones diferidas de N causaron mayores incrementos en la concentración de proteína en los granos, cuando la concentración de N en la HB en emergencia de las espigas fue baja. Se concluye que, la concentración de N en la HB en la emergencia de las espigas constituye un promisorio método de diagnóstico de la respuesta en el contenido de proteínas en el trigo, por aplicaciones de N en ese momento.

**Palabras clave:** trigo, proteína, nitrógeno, hoja bandera, predicción

ECHEVERRÍA, H. E. & G. A. STUDDERT. 1998. Wheat flag leaf nitrogen content to predict grain protein increase due to topdressed nitrogen at heading. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1): 27-36.

The aim of this work was to determine whether exists a relationship between wheat (*Triticum aestivum* L.) grain protein content and flag leaf (HB) N concentration at milk stage, and if HB N concentration at heading has predictive value of grain protein content increases due to topdressed N at that stage. Two field studies were conducted in 1995 and 1996 with hard red spring wheat. In 1995 treatments were different preceding crops: corn (*Zea mays* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), and sunflower (*Helianthus annuus* L.). In 1996 they were tillage systems: conventional (LC) and no-tillage (SD). In both years N fertilizer was applied at preplant (0 and 120 kg N.ha<sup>-1</sup>) and topdressed two days after heading (0, 20 and 40 kg N.ha<sup>-1</sup>). Topdressed N had no effect on either grain yield or grain weight. Flag leaf N concentrations and grain protein content were both increased by preplant and topdress N applications. For both years, grain protein content was positively correlated with N concentration of flag leaves sampled at milk stage. Topdressed N caused greater increases in grain protein content, when N concentration in the HB at heading was low. It is concluded that, N concentration in the HB at heading is a good indicator of the likelihood of a response in grain protein content to topdressed N at that stage.

**Key words:** wheat, protein, nitrogen, flag leaf, prediction.

Recibido: 12/08/97. Aceptado: 20/04/98.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas productivos agropecuarios de la región pampeana de la Argentina han evolucionado en los últimos años como consecuencia de una profunda transformación del sector. Entre otros cambios, se han difundido prácticas tendientes a incrementar la eficiencia productiva de los cultivos extensivos. Entre aquéllas, se destaca la de la fertilización nitrogenada en el trigo (*Triticum aestivum* L.) a fin de incrementar los rendimientos en grano. Para ello se cuenta en la actualidad con métodos de diagnóstico basados en el contenido de formas minerales de N (particularmente nitratos) a la siembra del cultivo (Barberis *et al.*, 1983; Gonzalez Montaner *et al.*, 1991; 1997), y/o en la historia cultural, las labranzas y el contenido de MO en el suelo (Berardo, 1994). En ellos se recomienda la aplicación de N en el momento de la siembra o, eventualmente, durante el estadio de macollaje, debido a la mayor eficiencia de uso de dicho nutriente en ambos momentos, con respecto a aplicaciones en estados más avanzados del mismo. Fertilizaciones posteriores al macollaje han generado, en algunas ocasiones, respuestas positivas en el rendimiento de grano (Morris & Paulsen, 1985), mientras que en otras, se ha reportado que el rendimiento no mejora (Smith *et al.*, 1989; Sarandón & Gianibelli, 1990).

En el análisis del efecto de la fertilización nitrogenada en la siembra o en macollaje sobre la calidad de los granos, se determinaron relaciones negativas entre el rendimiento y el contenido de proteína, lo que se explica en mayor medida por la disponibilidad hídrica durante el ciclo del cultivo. No obstante, con elevada disponibilidad hídrica y de N en post antesis, parecería factible obtener altos rendimientos y contenidos de proteínas (DiNápoli *et al.*, 1994).

Con el objetivo de evitar pérdidas en la calidad de la producción triguera Argentina, a partir de la campaña agrícola 1995, la Secre-

taría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, implementó un sistema de comercialización del trigo, en función del contenido proteico de los granos. Numerosos trabajos señalan la probabilidad de incrementar el contenido de proteínas de los granos por aplicaciones de N entre espigazón y antesis (Gravelle *et al.*, 1988; Smith *et al.*, 1989; Martín del Molino, 1991; Goos *et al.*, 1992), siendo los incrementos mayores cuando la concentración de N del cultivo es menor (Stark & Tindall, 1992). La posibilidad de efectuar aplicaciones diferidas de N constituye un evento factible, en virtud de que en la actualidad se está difundiendo la aplicación de riego en sistemas extensivos. Esta práctica permitiría la adición de fertilizantes nitrogenados en estadios avanzados, sin necesidad del ingreso de maquinaria de tipo convencional, que produciría daños por aplastamiento del cultivo. No obstante, aplicaciones excesivas de N en antesis con el agua de riego podrían incrementar el lavado de nitratos y producir contaminación de acuíferos y cauces de aguas. Por lo tanto, es necesario desarrollar métodos de diagnóstico que permitan establecer las necesidades de N en estadios avanzados del cultivo de trigo preservando la calidad del ambiente.

La concentración de N en la hoja bandera (HB) cuando las primeras aristas son visibles, ha sido utilizada para caracterizar el estado nitrogenado del cultivo y ha permitido establecer la concentración requerida para lograr el máximo rendimiento (Donohue & Brann, 1984). De igual manera, se ha estimado la probabilidad de respuesta en el contenido de proteínas por aplicaciones de N en floración, en función de la concentración de N en la HB (Tindall *et al.*, 1995).

Para los sistemas de cultivo del sudeste bonaerense, donde la fertilización nitrogenada, los cultivos antecesores y los sistemas de labranza alteran la disponibilidad de N en el suelo (Echeverría *et al.*, 1992; Forjan, 1995; Lázaro, 1996; Bergh, 1997), se hipotetiza que el contenido de N en HB tiene valor predictivo

de los cambios en el contenido proteico en los granos de trigo, por aplicaciones de N en espigazón. Por lo tanto, se plantea como objetivo determinar la relación entre la concentración de N en la HB en espigazón y los cambios en el contenido proteico de los granos de trigo, por aplicaciones de N en ese momento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante las campañas agrícolas 1995 y 1996, se analizaron tratamientos de fertilización nitrogenada en el trigo de dos experimentos de larga duración desarrollados en el campo de la EEA INTA de Balcarce (latitud 37° 45' S, longitud 58° 18' O, altitud 130 m), sobre un suelo Paleudol petrocálcico, familia fina, illítica, térmica. Se seleccionaron tratamientos que permitieran disponer de situaciones muy variables de concentraciones de N en la HB de trigo en espigazón. En la Tabla 1 se presentan las características generales de los experimentos realizados y de los suelos estudiados, y las fechas de muestreo más relevantes.

En ambos experimentos se adicionaron 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la siembra como superfosfato triple de Calcio (0-46-0) y se sembró la variedad ProINTA Oasis con una densidad de plantas emergidas de 270-300 m<sup>-2</sup>. Los experimentos se realizaron con un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, con un arreglo de tratamientos en parcelas sub-subdivididas. En la primera campaña (1995) se evaluaron tratamientos de un ensayo de larga duración iniciado en 1984 y que combinaba rotaciones de cultivos (parcela principal) con niveles de N aplicados en la siembra (subparcela), a los cuales se les aplicaron distintos niveles de fertilización nitrogenada cuando se produjo la emergencia de las espigas (sub-subparcela). Las rotaciones estudiadas representaban diferentes cultivos antecesores al trigo y fueron: maíz (*Zea mays* L.)-maíz-trigo (MMT), girasol (*Helianthus an-*

*nuus* L.)-girasol-trigo (GGT) y soja (*Glycine max* (L.) Merr.)-soja-trigo (SST). Las dosis de N fueron 0 y 120 kg ha<sup>-1</sup> en la siembra y 0, 20 y 40 kg ha<sup>-1</sup> en la floración. Estas últimas fueron aplicadas uno o dos días después de la emergencia de las espigas, código 51 de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974). La fuente de N para ambas aplicaciones fue urea (46-0-0), la que se distribuyó al voleo antes de la última labor previa a la siembra, y al voleo e inmediatamente incorporada con una lámina de agua de 10-15 mm en espigazón. El sistema de labranza en este ensayo fue convencional (LC) y la duración de los barbechos fue de 52, 121, y 107 d para los cultivos antecesores soja, girasol y maíz, respectivamente

En la campaña 1996 se evaluaron tratamientos de un ensayo de labranzas con y sin el agregado de N. Las parcelas principales correspondieron a los sistemas de labranza: LC y siembra directa (SD) y las subparcelas, a las dosis de N a la siembra: 0 y 120 kg ha<sup>-1</sup>. Las dosis, la forma, la fuente y el momento de fertilización nitrogenada en espigazón fueron similares a los mencionados para 1995. La historia agrícola de los tratamientos seleccionados es de 20 años de agricultura convencional continuada hasta 1993 y, en la parcela bajo SD, con este sistema de labranza desde 1994. El cultivo antecesor inmediato al trigo fue soja.

En ambas experiencias se tomaron un mínimo de 25 láminas de HB de cada subparcela, dos días después de la emergencia de las espigas (Zadoks 51) y dos semanas después, cuando el cultivo se encontraba en el comienzo de grano lechoso (Zadoks 73). En este caso, se tomaron muestras de cada sub-subparcela (n = 54 y 36 en la primera y segunda campaña, respectivamente). Las láminas fueron secadas a 60 °C hasta peso constante y molidas hasta pasar por malla de 1 mm. Posteriormente se determinó el contenido de N total por Kjeldhal según Nelson & Sommers (1973).

A la madurez del cultivo se muestrearon

0,5 m<sup>2</sup> para determinar el rendimiento en grano (13% de humedad), peso de mil granos y concentración de N para estimar el contenido de proteína (N en grano x 5,7).

Se empleó el procedimiento ANOVA del Statistics Analysis System (SAS Institute, 1985) para el análisis de las variables y cuando se determinaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Duncan para comparar las medias de tratamientos. Además, se efectuaron análisis de regresión entre algunas de las variables evaluadas

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso de los granos de trigo no fue afectado significativamente por el cultivo antecesor, ni por el sistema de labranza, ni tampoco por las aplicaciones de N en la siembra o a la emergencia de las espigas (resultados no mos-

trados). Esto confirma la menor incidencia de esta variable en determinar el rendimiento en grano, cuando se presentan condiciones normales durante el período de llenado de los mismos y la dependencia del rendimiento en el trigo del número de granos por unidad de área, más que del peso de los mismos (Magrin *et al.*, 1993; Ortiz-Monasterio *et al.*, 1994).

El rendimiento en grano de la campaña 1995 fue inferior al obtenido en la campaña 1996 (Tabla 1) debido a las menores precipitaciones registradas durante las primeras fases de crecimiento del cultivo. No obstante, la mayor parte de las precipitaciones reportadas en la Tabla 1 para 1995, ocurrieron a partir del mes de octubre, por lo que en ninguna de las campañas se registraron déficits hídricos durante el período de llenado. El rendimiento en grano fue afectado significativamente ( $P < 0,05$ ) por la interacción de la fertilización nitrogenada a la siembra con el cultivo previo en la cam-

**Tabla 1.** Fechas de muestreo, características del suelo, rendimiento en grano y precipitaciones en los experimentos de fertilización con N en trigo de las campañas 1995 y 1996. M=maíz, G=girasol, S=soja, T=trigo, SD=siembra directa, LC=labranza convencional.

*Sampling dates, soil characteristics, grain yield and precipitation in the wheat N fertilization experiments conducted in 1995 and 1996. M=corn, G=sunflower, S=soyabean, T=wheat, SD= zero tillage, LC=conventional tillage.*

	1995	1996
<b>Fechas de siembra y muestreos</b>		
Siembra	8/8	18/7
Primer muestreo de hoja bandera (Z-51)*	8/11	5/11
Segundo muestreo de hoja bandera (Z-73)*	23/11	24/11
Cosecha	28/12	29/12
<b>Características de los suelos (0-20cm)</b>		
Materia orgánica (g.kg <sup>-1</sup> )	57	55
pH en agua	5,7	5,8
Textura	Franca	Franca
Nitrógeno como nitrato a la siembra 0-60 cm (kg.ha <sup>-1</sup> )		
Rotación MMT	52	
Rotación GGT	92	
Rotación SST	83	
SD		33
LC		31
<b>Precipitaciones agosto-diciembre (mm)</b>	351	507
<b>Rendimiento promedio del ensayo (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>	3,30	4,43

\*Estadio de desarrollo según Zadoks *et al.* (1974)

paña 1995, y por la de la fertilización nitrogenada a la siembra con el sistema de labranza, en la campaña 1996 y no fue afectado ( $P > 0,05$ ) por las aplicaciones retrasadas de N (Tabla 2). Similares resultados aunque con aplicaciones foliares de urea, fueron reportados por Sarandon & Gianibelli (1990). Sin el agregado de N en la siembra, el cultivo antecesor y el sistema de labranza provocaron cambios significativos sobre los rendimientos en 1995 y 1996, respectivamente (resultados no presentados). En la primera campaña los menores rendimientos correspondieron a la rotación MMT y en la segunda, al sistema SD. El efecto del cultivo previo podría atribuirse principalmente a la diferente disponibilidad de N (Tabla 1) lo que confirmaría resultados obtenidos con anterioridad (Echeverría *et al.*, 1992; Heenan, 1995; Forjan, 1995; Lázaro, 1996). Las dife-

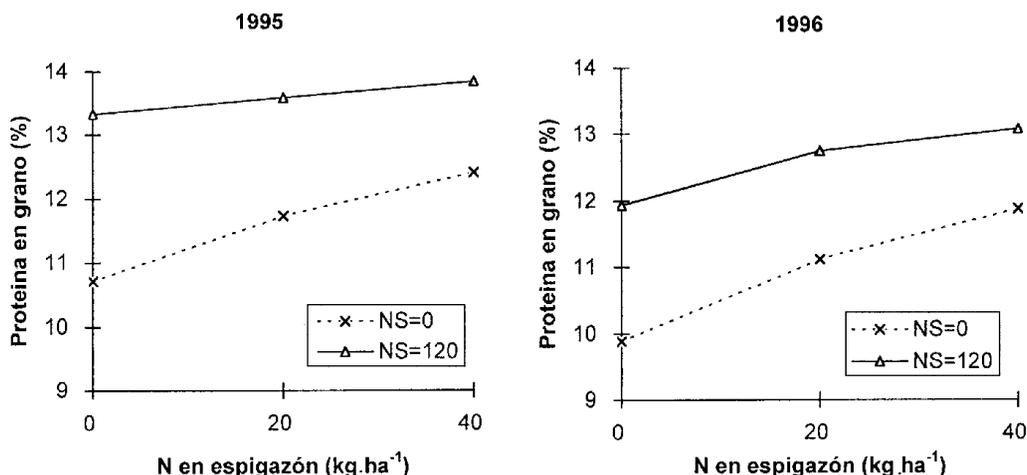
rencias entre sistemas de labranzas podrían ser atribuidas a que bajo SD los mecanismos de pérdida e inmovilización serían de mayor magnitud (Bergh, 1997). Con el agregado de N en la siembra, no se determinaron diferencias entre los cultivos antecesores ni entre los sistemas de labranza en 1995 y 1996, respectivamente.

El contenido de proteína en el grano respondió a la interacción de aplicaciones en la siembra y retrasadas de N en ambas campañas (Tabla 2). En los tratamientos sin el agregado de N en la emergencia de las espigas, la fertilización en la siembra permitió incrementos promedio de 2,6 y 2,1 puntos porcentuales en el contenido de proteína en 1995 y 1996, respectivamente (Figura 1). Por su parte, aplicaciones de 20 y 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N en espigazón incrementaron, en promedio para ambos

**Tabla 2.** Análisis de varianza del N en hoja bandera en grano lechoso, proteína en grano y rendimiento, para cultivos previos, y dosis de N aplicadas a la siembra y en espigazón para 1995, y para sistemas de labranza, y dosis de N aplicadas a la siembra y en espigazón para 1996.

*Analysis of variance on flag leaf N at milk stage, grain protein and grain yield for different previous crops, and preplant and topdressed N at heading for 1995 and for different tillage systems, and preplant N and topdressed N at heading for 1996.*

Fuente de variación	Grados de libertad (n)	N en hoja bandera	Proteína en grano	Rendimiento en grano
———— nivel de probabilidad ————				
<b>1995</b>				
Cultivo previo (CP)	2	0,007	0,001	0,017
N siembra (NS)	1	0,001	0,004	0,017
CP x NS	2	0,024	0,178	0,039
N espigazón (NE)	2	0,006	0,001	0,669
CP x NE	4	0,899	0,353	0,133
NS x NE	2	0,208	0,001	0,293
CP x NS x NE	4	0,993	0,074	0,146
CV (%)		6,2	5,8	9,7
<b>1996</b>				
Labranza (L)	1	0,066	0,062	0,999
N siembra (NS)	1	0,004	0,003	0,040
L x NS	1	0,999	0,269	0,054
N espigazón (NE)	2	0,001	0,001	0,999
L x NE	2	0,999	0,379	0,753
NS x NE	2	0,001	0,027	0,842
L x NS x NE	2	0,053	0,876	0,548
CV (%)		3,4	2,9	13,4



**Figura 1.** Contenido de proteína en grano en función de las aplicaciones de N a la siembra (NS) y en emergencia de la espiga, en las campañas 1995 y 1996. Rango crítico de Duncan ( $P = 0,05$ ) 0,758 y 0,817%, respectivamente.

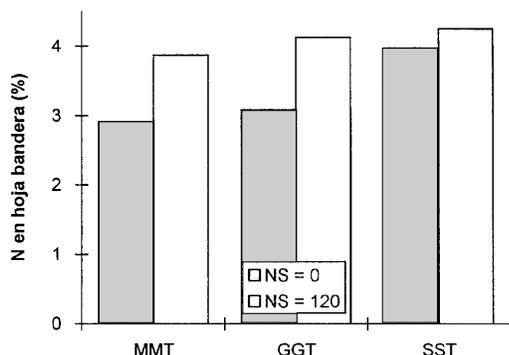
Grain protein content as related to preplant (NS) and topdressed N in the wheat N fertilization experiments conducted in 1995 and 1996. Duncan critical range ( $P = 0,05$ ) 0,758 and 0,817%, respectively.

años, el contenido de proteína en los testigos (sin N a la siembra) en 1,25 y 1,85 puntos porcentuales, respectivamente. Idénticas aplicaciones de N a los tratamientos que habían sido fertilizados en la siembra, permitieron incrementos de tan sólo 0,54 y 0,84 puntos porcentuales, respectivamente.

El menor contenido de proteína en 1996 probablemente sea consecuencia de una serie de factores entre los cuales merecen destacarse el mayor rendimiento promedio (Di Nápoli *et al.*, 1994) y la menor disponibilidad de N (Tabla 1).

En 1995 la concentración de N en HB en el período de grano lechoso se incrementó ligeramente ( $P < 0,05$ ) en función de la aplicación de N en espigazón, pasando de 3,60 a 3,82% con aplicaciones 0 y 40 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Hubo interacción significativa ( $P < 0,05$ ) entre el efecto del cultivo previo y el de la fertilización a la siembra (Tabla 2, Figura 2). Esta interacción sería consecuencia de la

diferente respuesta al agregado de N en la siembra debida a la cantidad y las características de los residuos de los distintos cultivos antecesores. Estos resultados indican que sin el agregado de N la rotación, incluyendo como cultivo previo a la soja permitió una mayor concentración de N en HB y un menor incremento en la misma por el agregado de N en la siembra. Por el contrario, cuando los antecesores fueron maíz o girasol, se obtuvieron para los testigos las menores concentraciones en HB y la mayor respuesta al agregado de N a la siembra (Figura 2). Como se mencionó, el efecto de los cultivos antecesores sobre el rendimiento del cultivo de trigo siguiente en la rotación ha sido descrito con anterioridad (Echeverría *et al.*, 1992; Lázaro, 1996), y se relaciona con la cantidad de N acumulado en las espigas (sin grano) al finalizar el período de antesis (Lázaro, 1996). Estos resultados sugerirían que el efecto de los cultivos antecesores sobre los rendimientos del cultivo tam-

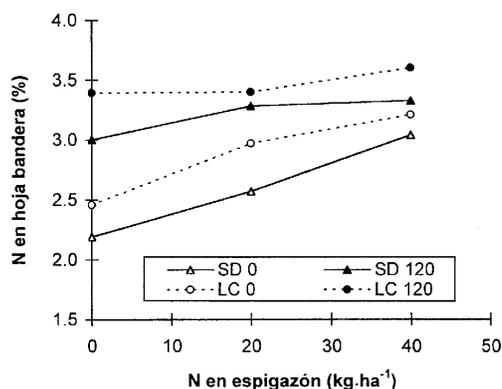


**Figura 2.** Contenido de N en la hoja bandera en grano lechoso (Zadoks 73) en función del N aplicado a la siembra (NS) y del cultivo previo en la campaña 1995. M = maíz, G = girasol, S = soja y T = trigo. Rango crítico de Duncan ( $P = 0,05$ ) 0,793%.

Flag leaf N content at milk stage (Zadoks 73) as related to preplant N (NS) and previous crop in the wheat N fertilization experiment conducted in 1995. M = corn, G = sunflower, S = soyabean and T = wheat. Duncan critical range ( $P = 0,05$ ) 0,793%.

bién incidirían sobre la concentración de N en la HB en el período de llenado del grano. En última instancia, las diferencias en la cantidad de N acumulado en las espigas al finalizar el período de antesis, probablemente sean consecuencia de la disponibilidad de N en el momento de la siembra y de la capacidad de los residuos de cosecha de los cultivos antecesores de favorecer la inmovilización de N (Sánchez, 1997).

En 1996 se determinó una interacción significativa ( $P < 0,05$ ) entre labranza y los dos momentos de fertilización en el contenido de N en HB (Tabla 2). El sistema de SD, cuando no se fertilizó, presentó las menores concentraciones de N y los mayores incrementos en dicha variable cuando se fertilizó en espigazón. Un comportamiento similar se registró en el sistema de LC, pero a niveles ligeramente superiores de concentración de N en HB. Cuando SD recibió 120 kg.N ha<sup>-1</sup> en la siembra, las concentraciones de dicho nutriente en



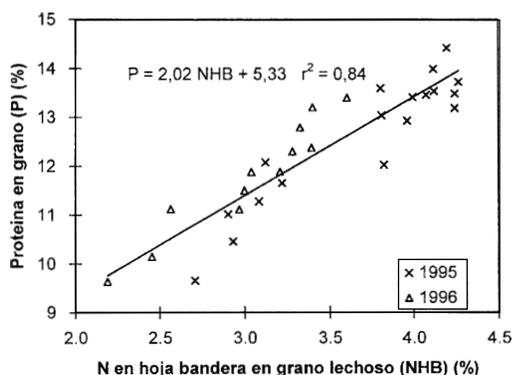
**Figura 3.** Contenido de N en la hoja bandera en grano lechoso (Zadoks 73) en función del N aplicado a la siembra (0 o 120 kg.ha<sup>-1</sup>) y en emergencia de la espiga (0, 20 o 40 kg.ha<sup>-1</sup>) y del sistema de labranza en 1996. SD = siembra directa, LC = labranza convencional. Rango crítico de Duncan ( $P = 0,05$ ) 0,182%.

Flag leaf N content at milk stage (Zadoks 73) as related to preplant N (0 or 120 kg.ha<sup>-1</sup>), topdressed N (0, 20 or 40 kg.ha<sup>-1</sup>) and tillage system in the wheat N fertilization experiment conducted in 1996. SD = zero tillage, LC = conventional tillage. Duncan critical range ( $P = 0,05$ ) 0,182%.

HB fueron mayores y mostraron un menor incremento por la fertilización en espigazón del cultivo. Bajo LC, con aplicaciones de N a la siembra se observaron los mayores contenidos en HB y los menores incrementos por aplicaciones retrasadas de dicho nutriente (Figura 3).

Sobre la base de los resultados presentados es factible afirmar que con elevada disponibilidad de N en la siembra y/o con aplicaciones tempranas de N se obtienen incrementos en las concentraciones de N en la HB en el período de llenado del grano.

Para ambos años, el contenido de proteína del grano se relacionó linealmente con la concentración de N en HB en el período de grano lechoso (Figura 4). Estos resultados confirman los obtenidos por Martín del Molino



**Figura 4.** Contenido de proteína en grano de trigo en función de la concentración de N en la hoja bandera en el período de grano lechoso, en las campañas 1995 y 1996.

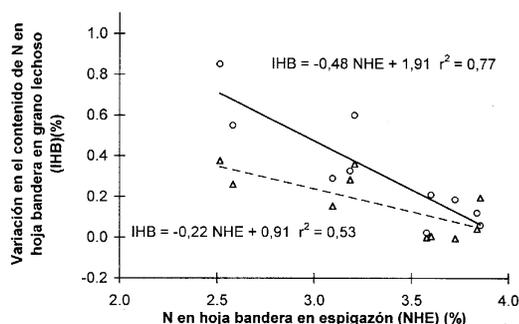
Grain protein content as related to flag leaf N concentration at milk stage, in the wheat N fertilization experiments conducted in 1995 and 1996.

(1992) y Tindall *et al.* (1995) e indicarían que el contenido de N en dicha hoja, independientemente del cultivo previo y del sistema de la-

branza, cumpliría un papel destacado en la determinación del contenido de proteínas de los granos. Por lo tanto, en cultivos de trigo no expuestos a déficit hídrico alguno en el período de llenado de los granos, la concentración de N en la HB en dicho período podría ser utilizada como predictor del contenido de proteínas en los granos.

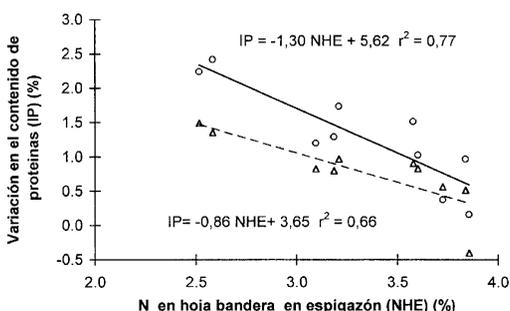
Ante adecuado suministro de agua, la urea aplicada en emergencia de las espigas (Z-51) fue rápidamente transformada y absorbida por el cultivo, puesto que a los 15-20 días de aplicada (Z-73) se determinaron incrementos en el contenido de N en la HB (Figura 5). Se observó que, cuando la concentración de N en la HB en espigazón fue baja, el incremento en la concentración de N en la HB en el grano lechoso fue mayor por las aplicaciones diferidas de urea.

Un comportamiento similar se observó al relacionar el incremento en el contenido de proteínas en el grano con la concentración de N en HB en espigazón (Figura 6). Cuando la concentración de N en HB fue inferior al 3%, aplicaciones de N de 20 y 40 kg.ha<sup>-1</sup>, produje-



**Figura 5.** Variación en el contenido de N en hoja bandera en grano lechoso por aplicaciones de 20 (triángulos) y 40 (círculos) kg N.ha<sup>-1</sup> en función del contenido de N en hoja bandera a la emergencia de las espigas.

Increase in the flag leaf N concentration at milk stage resulting from 20 kg.ha<sup>-1</sup> (triangles) and 40 kg.ha<sup>-1</sup> (circles) N topdressing at heading as related to flag leaf N concentration at heading.



**Figura 6.** Variación en el contenido de proteínas (%) en el grano por aplicaciones de 20 (triángulos) y 40 (círculos) kg N.ha<sup>-1</sup> en emergencia de las espigas en función del contenido de N en hoja bandera a la emergencia de las espigas.

Increase in grain protein content resulting from 20 kg.ha<sup>-1</sup> (triangles) and 40 kg.ha<sup>-1</sup> (circles) N topdressing at heading as related to flag leaf N concentration at heading.

ron incrementos en el contenido de proteína en el grano superiores a 1,1 y 1,7 puntos porcentuales, respectivamente. De igual manera, se registraron incrementos de 0,6 y 1,1 puntos, respectivamente, cuando la concentración de N en HB fue de 3,5% y, cuando ésta fue cercana a 4%, los incrementos en el contenido de proteína fueron mínimos. Estos valores coinciden con los obtenidos por Tindall *et al.* (1995) y permiten efectuar estimaciones de eventuales incrementos en el contenido de proteínas por fertilizaciones nitrogenadas demoradas.

En síntesis, en condiciones de adecuado suministro hídrico en el período de llenado de los granos, se determinó que la concentración de N en la HB en estado de grano lechoso, se relaciona con los contenidos de proteína de los granos maduros. Además, se concluye que el contenido de N en la HB a la emergencia de las espigas (15 a 20 días antes al de grano lechoso) es un promisorio método de diagnóstico de la respuesta en el contenido de proteínas del cultivo de trigo, a aplicaciones de N en espigazón.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barberis, L. A., A. Nervi, H. del Campo, S. Urricariet, J. Sierra, P. Daniel & D. Zouzarakis.** 1983. Análisis de la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada en la Pampa ondulada y su predicción. *Ciencia del Suelo* 1 (2) 51-64.
- Berardo, A.** 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la estación experimental INTA-Balcarce. *Boletín Técnico* 128. EEA INTA Balcarce. 34p.
- Bergh, R. G.** 1997. Dinámica del nitrógeno, crecimiento y rendimiento de trigo bajo siembra directa y labranza convencional. Tesis M. Sc. Facultad de Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 75 pp
- Di Nápoli, M., G. Maddonni & J. Gonzalez Montaner.** 1994. Variabilidad del contenido de proteína en el cultivo de trigo bajo disponibilidades de nitrógeno no limitantes del rendimiento. *Actas III Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca.* pp. 23-24.
- Donohue, S. J. & D. E. Brann.** 1984. Wheat grown in the coastal plain region of Virginia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 15:651-661.
- Echeverría, H. E., C. A. Navarro & F. H. Andrade.** 1992. Nitrogen nutrition of wheat following different crops. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 118: 157-163.
- Forjan, H. J.** 1995. Efecto del antecesor y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y la proteína del trigo. *Boletín Técnico*, 33, Chacra Experimental Integrada Barrow, Tres Arroyos, 12pp.
- Gonzalez Montaner, J. H., G. A. Maddonni, N. Mailland & M. Posborg.** 1991. Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo, a partir de un modelo de decisión para la subregión IV. *Ciencia del Suelo* 9: 41-51.
- Gonzalez Montaner, J. H, G. A. Maddonni & M. R. Dinápoli.** 1997. Modeling grain yield and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa. *Field Crops Research.* 51: 241-252.
- Goos, R. J., D. G. Westfall, A. E. Ludwick & J. E. Goris.** 1992. Grain protein content as an indicator of N sufficiency for winter wheat. *Agron. J.* 74: 130-133.
- Gravelle, W. D., M. M. Aley, D. E. Brann & K. D. S. M. Joseph.** 1988. Split spring N application effects on yield, lodging, and nutrient uptake of soft red winter wheat. *Journal of Production Agriculture* 1: 249-256.
- Heenan, D. P.** 1995. Effects of broad-leaf crops and their sowing time on subsequent wheat production. *Field Crop Research.* 43: 19-29.
- Lázaro, L.** 1996. Determinación del rendimiento de trigo ante cambios en la disponibilidad de nitrógeno generados por distintos cultivos antecesores. Tesis M. Sc. Facultad de Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 41 pp.
- Magrin, G. O., A. Hall, C. Baldy & M. O. Grondona.** 1993. Spatial and interannual variations in the photothermal quotient: implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology* 67: 29-41.
- Martin del Molino, M. I.** 1991. Relationship between wheat grain protein yield and grain yield, plant growth, and nutrition at anthesis. *Journal of Plant Nutrition* 14: 1297-1306.
- Martin del Molino, M. I.** 1992. Relationship between wheat grain protein percentage and grain yield, plant growth, and nutrition at anthesis. *Journal of Plant Nutrition* 15: 169-178.
- Morris, C. F. & G. M. Paulsen.** 1985. Development of hard winter wheat after anthesis as affected

- by N nutrition. *Crop Science* 25: 1007-1010.
- Nelson D.W. & L.E. Sommers.** 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal* 65: 109-112.
- Ortiz-Monasterio, J. I., S. S. Dhillon & R. A. Fischer.** 1994. Date of sowing effects on grain yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationships with radiation and temperature in Ludhiana, India. *Field Crop Research* 37: 169-184.
- Sánchez, S. R.** 1997. Descomposición de residuos de cosecha y mineralización de nitrógeno en un Argiudol típico. Tesis M. Sc. Facultad de Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 108 pp.
- Sarandón, S. J. & M. C. Gianibelli.** 1990. Effect of foliar urea spraying and nitrogen application at sown upon dry matter and nitrogen distribution in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomie* 10: 183-189.
- SAS Institute Inc.** 1985. SAS user's guide: Statistics version. 5th de. SAS Inst., Cary, North Carolina, E.E.U.U.
- Smith, C. J., J. R. Freney, S. L. Chapman & I. E. Galbally.** 1989. Fate of urea nitrogen applied to irrigated wheat at heading. *Australian Journal of Agricultural Research* 49: 951-963.
- Stark, J. C. & T. A. Tindall.** 1992. Timing split applications of nitrogen for irrigated hard red spring wheat. *Journal of Production Agriculture* 5: 221-226.
- Tindall, T. A., J. C. Stark & R. H. Brooks.** 1995. Irrigated spring wheat response to topdressed nitrogen as predicted by flag leaf nitrogen concentration. *Journal of Production Agriculture* 8: 46-52.
- Zadoks, J. C., T. T. Chang & C. F. Konzak.** 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.