

EFFECTO DE LA EPOCA DE APLICACION DE FERTILIZANTE NITROGENADO SOBRE EL CONTENIDO PROTEICO DEL GRANO DE TRIGO EN LA REGION SEMI-ARIDA PAMPEANA.¹

María L. FARALDO*, Héctor A. PACCAPELO*, Santiago J. SARANDON**

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar el efecto de la fertilización nitrogenada en distintos estadios del cultivo de trigo (Triticum aestivum L.) sobre el rendimiento de grano y contenido proteico de los mismos. Estas características normalmente correlacionan negativamente. Se analizaron los cultivares Buck Pucará y Buck Cencerro; se determinaron los valores de rendimiento de grano (kg/ha), contenido proteico (%) y rendimiento de proteína (kg/ha). Se efectuaron las correlaciones entre estas variables. La aplicación de fertilizantes nitrogenados en forma temprana no se traducen en incrementos significativos de la proteína del grano; aplicaciones tardías conducen a aumentos muy marcados en la misma. Aplicando fertilizante en forma postergada no se observaron aumentos en rendimiento. A través de la evolución del nitrógeno asimilado se intentó determinar el grado de eficiencia de los genotipos ensayados.

SUMMARY

The objective of this experience was to determine the effects of nitrogen fertilizers on the grain yield and grain protein content. Generally both features are negatively associated. The cultivars Buck Pucará and Buck Cencerro were analyzed.

¹ Facultad de Agronomía de la U.N.L.Pam. CC 159 (6300)S.Rosa.

* Cátedra de Cereali-cultura de la F.A. de la U.N.L.Pam.

** Cátedra de Cerealicultura de la F.A. de la U.N.L.P. Becario del CONICET.

Grain yield (kg/ha), protein content (%) and protein yield (kg/ha) were determined. The correlations between these variables were analyzed. The early application of nitrogen fertilizer did not bring in significant increments of grain and protein although there are high response in the late applications. No grain yield increments were observed if fertilizer application are delayed. The efficiency of the proved genotypes was determined by the assimilated nitrogen evolution.

INTRODUCCION

El contenido de nitrógeno de la planta de trigo (Triticum aestivum L.) reviste especial importancia porque esta correlacionado con el nivel de proteína del grano. Este contenido afecta la molienda, calidad panadera y calidad nutritiva de las harinas.

Schlehuber y Tucker (1967) y otros investigadores han estudiado el tipo de correlación existente entre el contenido de proteína de los granos y el rendimiento de grano; se ha encontrado incrementos simultáneos en ambos. Davies et al (1961); Johnson et al (1969) citado por Mc Neal (1972) han encontrado progenies de trigo con altos contenidos de proteína en grano y además altos rendimientos de grano. Estos aumentos simultáneos se han obtenido a través de fertilización nitrogenada (Bauer, 1970; Mc Neal, 1971; Mc Neal y Watson, 1972, citados por Mc Neal (1972).

En trigo, se han realizado ensayos que manifiestan la importancia de conocer el crecimiento de la planta a fin de dar una interpretación genética a la variación de los contenidos de proteína de los granos. Kramer (1980) hace una interpretación fisiológica de la correlación negativa entre rendimiento de grano y contenido de proteína de los mismos; concuerda con Austin (1978) en que la reducción de la talla de los nuevos cultivares de trigo privan a los granos de una importante fuente de proteínas. Entre el 60% a 80% de la proteína de los granos maduros proviene de los tejidos vegetativos presentes al momento de la antesis.

Un factor sumamente importante que tiene influencia en las diferentes correlaciones que puede tomar la relación proteína

de grano y rendimiento de grano lo constituye el nivel de fertilidad del suelo. Arriaga (1978) y Terman (1979) demostraron que la fertilización nitrogenada incide sobre el rendimiento de grano, el contenido proteico de los mismos y la calidad panadera del trigo; su incidencia es variable según la disponibilidad de humedad edáfica, dosis de fertilizante aplicado, momentos de aplicación y genotipos investigados.

Haunold et al (1961) y Tombetta (1980) determinan que bajos niveles de fertilidad en el suelo ocasionan correlaciones negativas entre el contenido proteico de los granos y el rendimiento.

Hucklesby et al (1971) con distintas aplicaciones de nitrógeno y en distintas épocas de aplicación concluyen que siempre se produce aumento de rendimiento de grano y de contenido de proteína. Finney et al (1957); Tijven and Cohen (1961); Jenning y Morton (1963a); Turner (1969); Skarsaura et al (1970) y Bremmer (1972) citados por Maneiro y Darwich (1983) consideran que mayores y más tardías aplicaciones de fertilizante nitrogenado pueden incrementar linealmente tanto el contenido de proteínas como el de almidón de los granos hasta cerca de madurez.

Williams (1965); Puckidge y Donald (1967); Rawson y Donald (1969) citados por Maneiro y Darwich (1983) consideran que si las condiciones de fertilidad edáfica son bajas, por escasa aplicación de fertilizante nitrogenado, el nitrógeno del suelo es severamente agotado en espigazón y virtualmente todo el nitrógeno presente en el grano provendría de la removilización desde las hojas y tallos.

La productividad del cultivo de trigo en zonas semiáridas está muy ligada al régimen pluviométrico la cual incide mucho más que la fertilidad del suelo. Debido a la estacionalidad de las lluvias, la fertilidad temprana con inviernos secos es muy aleatoria. Las aplicaciones tardías de nitrógeno y primaveras lluviosas se traducen en un incremento de la proteína del grano.

Debido a éstas particularidades se recurrió a fertilizar tardíamente el cultivo, en espigazón.

MATERIALES Y METODOS

Este ensayo se realizó durante la campaña 1984/5 en el cam

po de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Pampa. El Cuadro 1 detalla las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo; el Cuadro 2 los tratamientos experimentados.

La siembra se realizó el 14 de junio de 1984 con una distribución de los tratamientos en diseño de bloques al azar. Se sembró a razón de 250 pl/m² a cosecha y el fertilizante aplicado fué urea (46-0-0). No se agregó fertilizante fosfatado.

Se realizaron cortes de material vegetal para determinar el contenido de nitrógeno a fin de macollaje, inicio de floración y a cosecha. En cada oportunidad se cortaban dos repeticiones de 0.5 m lineal en cada parcela. Cada tratamiento se distribuyó en cuatro repeticiones.

Las muestras se secaron a estufa a 60°C y luego se acondicionaron para el análisis. La molienda se efectuó con un molino de cuchilla Willey atravesando una malla de 60 mesh.

El análisis de proteína se realizó mediante el método Micro Kjeldhal y a partir del nitrógeno total (%N) se estimó el contenido proteico de los granos (%N x 5.70) de acuerdo a Cramp ton y Harris (1970). Se utilizó la fórmula :

$$\% \text{ de recuperación del N} = \frac{\text{Kg N/ha en el grano del tratamiento} - \text{kg N/ha en el grano del testigo}}{\text{Kg N/ha aplicado al tratamiento}} \times 100$$

que dá una idea de la "eficiencia" con que el cultivo toma o utiliza el nitrógeno aplicado al suelo, para la formación o acumulación de proteína en el grano.

RESULTADOS Y DISCUSION

A) Materia seca

La disponibilidad de agua y nutrientes condicionan la producción de materia seca, cuyo ritmo puede ser representado por una típica curva sigmoide. Paccapelo et al (1987) determinaron la falta de significancia estadística entre los cultivares y oportunidades de fertilización ensayados (Cuadro 3).

B) Evolución del Nitrógeno asimilado

El Cuadro 4 muestra que el porcentaje de N asimilado por -

las hojas en pleno macollaje fué similar en los dos cultivares, y para las distintas oportunidades de aplicación del fertilizante. En cambio en la fracción tallo Buck Pucará mostró un mayor contenido en N para todos los tratamientos.

El Cuadro 5 correspondiente a principios de floración mostró a Buck Pucará con mayor cantidad de N asimilado en las espigas mientras que Buck Cencerro presentó mayor porcentaje en las hojas. Este comportamiento se manifestó en todas las oportunidades de fertilización. Si bien a floración no se apreciaron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno de los tallos, se observó un aumento considerable respecto al primer corte.

El Cuadro 6 muestra que la fracción granos tuvo diferencias significativas a favor de Buck Cencerro. En las demás fracciones se observó una brusca disminución del contenido de N asimilable (%) respecto a floración. Johnson et al (1967) observaron que - debido a sequía o bien por características varietales los altos niveles de N en grano están asociados a bajas concentraciones de N en hojas durante el llenado del grano. Ello podría observarse en el Cuadro 6 donde las hojas y tallos presentan menos cantidad de N ya que éste habría sido translocado al grano en crecimiento.

De todo lo visto anteriormente y en forma coincidente con Woodruff (1972) citado por Grami y Lacroix (1977) si bien no se encontraron diferencias en materia seca por unidad de superficie se manifestaron diferencias en la concentración de N asimilado - en espigazón y madurez.

Se observa también diferencias en la capacidad de traslocación de N de las variedades; tal como lo expresara Mugwira et al (1980) y Sarandón y Chidichimo (1986).

Si bien se observa que Buck Cencerro traslada los fotosintatos en forma más eficiente hay que tener en cuenta que el N acumulado en el grano pudo provenir tanto del N previamente acumulado en las estructuras vegetativas, como tallo y hoja, en - pre anthesis como del N absorbido del suelo por el cultivo durante el llenado del grano. En este sentido, la disponibilidad de N en el medio radicular, puede afectar notablemente la remobilización y traslocación del N y su proporción en el grano, que es aportada por el tallo y la hoja, Neales et al., 1963; Hallo-

ran, 1981).

C) Rendimiento de grano

La fracción constitutiva más importante de la materia seca en madurez comercial la constituye el peso de los granos - por unidad de superficie. El Cuadro 7 detalla los kg/ha logrados con los distintos tratamientos de fertilización. Estos valores no arrojan diferencias estadísticas significativas ni entre cultivares ni entre oportunidades de aplicación de fertilizantes.

D) Contenido proteico

El Cuadro 8 detalla los porcentajes de proteína de los granos en los cultivares Buck Cencerro y Buck Pucará. Existe diferencias estadísticas significativas al 1%.

Se nota diferencias en el comportamiento de los genotipos; así Buck Cencerro testigo aventaja al testigo de Buck Pucará - (13,16 % a 11,60 %). En ambos cultivares, las fertilizaciones - realizadas a principios de floración elevan considerablemente - el porcentaje de proteína de los granos; coincidiendo con Finner et al (1957), Sarandón et al (1986b) quienes trabajaron con aplicaciones de urea foliar.

La importancia del contenido de proteína en granos radica en la tendencia a disminuir ante un incremento gradual de los rendimientos unitarios de grano. La aplicación de fertilizante nitrogenado produce incrementos de proteína y se afecta simultáneamente el rendimiento de grano según las diferentes condiciones ambientales suministradas, sin embargo, esta tendencia puede revertirse cuando se aplica otra dosis de N: tardío que favorece la acumulación de proteína en el grano.

E) Rendimiento de proteínas

El rendimiento de proteínas (RP) es igual al rendimiento en granos por unidad de superficie multiplicado por el porcentaje de proteína. Se expresa en kg/ha. El Cuadro 9 muestra los kg/ha de proteína logrados por cada tratamiento utilizado. Existen diferencias estadísticas significativas respecto al momento de aplicación de la urea. No existen diferencias entre los genotipos utilizados.

Buck Pucará incrementó el rendimiento proteico mucho más espectacularmente que Buck Cencerro puesto que éste último presentó alto rendimiento proteico en condiciones de fertilidad natural. En Buck Cencerro se destacó la doble aplicación de fertilizante a siembra a fin de macollaje (tratamiento 3).

De los resultados del Cuadro 9 se desprende a) que Buck Pucará muestra una mayor capacidad para responder a la fertilización nitrogenada y para aumentar el porcentaje de proteínas. Este comportamiento diferencial para acumular N en el grano también fué encontrada para estos mismos cultivares por Sarandón (1986a); Buck Cencerro mostró una mayor capacidad para acumular proteínas en el grano en condiciones de baja fertilidad (sin fertilizante) y además teniendo en cuenta sus elevados porcentajes en los tratamientos con fertilización tardía (Cuadro 8) se podría considerar como un freno al aumento del porcentaje de proteína b) el momento de aplicación del N tuvo mucha importancia en la recuperación del N en el grano. En este sentido el comportamiento fué diferente en los dos cultivares y en Buck Pucará se obtuvo la mayor eficiencia con la aplicación de una dosis (40 kg/ha de N) a espigazón. Sin embargo tomando la planta o el cultivo en conjunto, la mayor eficiencia en la recuperación del N se d cuando el fertilizante se aplica temprano en el ciclo del cultivo, aunque una menor proporción del N es derivada hacia el grano en la madurez.

F) Relaciones entre las variables

Las correlaciones entre rendimiento de grano (RG), contenido de proteínas (P) y rendimiento de proteínas (RP) pueden arrojar datos significativos para comprender el comportamiento de los cultivares utilizados (Cuadro 10).

Al considerar RG versus P observamos que la relación entre ambas variables es no significativa en ambos casos. Esta falta de correlación era de esperar, si se tiene en cuenta que el aumento en el porcentaje de proteína en el grano, por la aplicación sobre todo del N tardío, se debió a una mayor acumulación de N en el grano y no a una mayor concentración, producto de un menor rendimiento, en cuyo caso sí cabría esperar una relación inversa entre los dos parámetros.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones en que se desarrolló en ensayo a los cultivares analizados se podría concluir que:

- La aplicación de fertilizante nitrogenado a la siembra no se traduce en aumentos significativos en el porcentaje de proteína del grano. Sin embargo, éste aumento es muy marcado - cuando se aplica una dosis tardía (fin de macollaje-espigazón), aunque esto no tiene efecto sobre el rendimiento del grano.
- La eficiencia en el uso del N para producir proteína en el grano varía entre cultivares y es muy afectada por la época de fertilización, encontrándose la mayor eficiencia con la aplicación en espigazón.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ingeniero Agrónomo Alberto SOSA y a la Técnica Pilar Irene CARABAJAL por las determinaciones de Laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- ARRIAGA, H.O.; M.E. SEMPE. 1978. Tecnología del trigo. Reunión sobre Ciencia y Tecnología de los alimentos. Com. Invest. - Cient. Universidad Nacional de Luján. 18 páginas.
- AUSTIN, R.B. et al. 1978. Yields of old and modern winter wheat varieties. Ann. Rep. Plant Breeding Inst. Cambridge. 160-163.
- BAHRAM GRAMI y L.J. LA CROIX. 1977. Cultivar variation in total nitrogen uptake in rape. Canadian Jour. of Plant Science. 619-624.
- HALLORAN, G.M.. 1981. Cultivar differences in nitrogen translocation in wheat. Austr. Jour. Agric. Res. 32 (4). 535-544.
- HAUNOLD, A.V.; V. JOHNSON y J.N. SCHMIDT. 1962. Variation in protein content of the grain in 4 varieties of *Triticum aestivum*. Agr. Jour. 54. 121-125.
- JOHNSON, V.A. y col. 1967. Nitrogen relations during spring growth in varieties of *Triticum aestivum* L. differing in grain protein content. Crop Science 7. 664-667.
- JOHNSON, V.A. 1973. Yield and protein responses to nitrogen fertilizer of two winter wheat varieties differing in inherent -

- protein content of their grain. Agr. Jour. Vol.65.
- KRAMER, T.H. 1980. Protein content of wheat: crop physiological and breeding aspects. Proc. 3th Internat. Wheat Conf. May 1980 688-696. Madrid. España.
- MANEIRO, J. y DARWICH. 1983. Análisis cuantitativo del crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo y factores que lo afectan. Revisión bibliográfica Estación Experimental Regional Agropecuaria de Balcarce. 15 pag.
- MC NEAL, F.H.; BERG, M.A. et al. 1972. Grain and plant nitrogen relationships in eight spring wheat crosses, *Triticum aestivum* L. Crop. Science 12. 599-602.
- MUGWIRA L.M.; S.L. ELGAWHARY; A.E.ALLEN. 1980. Nitrate uptake - effectiveness of different cultivars of Triticale, wheat and rye. Agronomy Jour.74 (4). 585:589.
- NEALES T.F., M.J. ANDERSON, I.F.WARDLAN.1963. The role of the - leaves in the acumulation of nitrogen by wheat during ear development. Austr. Jour Agric.Res.14:725-736.
- SARANDON, S.J. 1986 a. Informe Final. Beca de Perfeccionamiento CONICET. 44 pp..
- SARANDON, S.J.; H.O. CHIDICHIMO. 1986. Efecto de la densidad de siembra sobre la acumulación y redistribución del nitrógeno en 3 cultivares de *Triticum aestivum* L. Aceptado para su publicación en la Revista de la Fac. de Agronomía de La Plata.
- SARANDONS.J.; M.C.GIANIBELLI; H.O. CHIDICHIMO; H.O. ARRIAGA; C. FAVORETTI. 1986b. 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. 1º Congreso Nac. de Trigo. Pergamino. 1986. Tomo II - 242-258.
- SCHLEHUBER, A.M. y B.B.TUCKER. 1967. Culture of wheat and wheat improvement. Eds. Q.S.Quisemberry and L.P. Reitz.Agron.Series N° 13 American Soc. Agron. Madison.
- TERMAN, G.L. 1979. Yields and protein content of wheat grain as affected by cultivar, nitrogen and enviromental growth factors. Agr.Journal 71. 437-440.
- TOMBETTA, E.E.; VIALE et al. 1980. Aspectos de la calidad comercial e industrial de la producción triguera en la Región central-norte e influencia de la fertilización nitrogenada.Estación Experimental Agropecuaria de Marcos Juárez.Lab.Ind.de Trigo.

CUADRO 1 Precipitaciones

Mes	mm	mm acumulados
Junio	15,6	15,6
Julio	18,3	33,9
Agosto	24,2	58,10
SEtiembre	94,4	152,5
Octubre	29	181,5
Noviembre	121,3	303,0
Diciembre	96,5	400,0

Datos obtenidos en el Campo de Enseñanza de la Facultad de Agronomía de la U.N.L.Pam

CUADRO 2 Trátamientos

Tratamiento	cultivar	nivel de fertilidad
1		0: Testigo
2		1: 40 kg/ha a la siembra.
3	Buck Pucará	2: 40 kg/ha a la siembra + 40 kg/ha a fin macollaje
4		3: 40 kg/ha a es- pigazón
5		0: Testigo
6		1: 40 kg/ha a la siembra
7	Buck Cencerro	2: 40 kg/ha a la siembra + 40 kg/ha a fin macollaje
8		3: 40 kg/ha a es- pigazón

CUADRO 3. Valores de F del Análisis de Varianza de los cortes de Materia Seca

F.V.	g.L.	1	2	3
Cultivares	1	0,50 NS	0,12 NS	2,86 NS
Oportunidades	3	0,86 NS	0,99 NS	0,79 NS
Interacción CxO	3	1,5 NS	0,35 NS	1,75 NS

1: macollaje 2: principio floración 3: madurez comercial - NS: no significativo

CUADRO 4 Porcentaje de nitrógeno asimilado en macollaje

	HOJAS			TALLOS					
	0	1	2	3	X	0	1	2	3
B.P.	1,56	1,67	1,54	1,51	1,57	0,97	1,10	1,07	0,93
B.C.	1,46	1,58	1,59	1,66	1,57	0,83	0,90	0,89	0,88
\bar{X}	1,51	1,62	1,56	1,58					

CUADRO 5 Porcentaje de nitrógeno asimilado en principios de floración

	HOJAS			TALLOS			ESPIGAS						
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
B.P.	1,01c	1,21ab	1,34a	1,17b	1,51	1,73	1,56	1,54	1,58	1,30	1,32	1,34	1,28
B.C.	1,30b	1,52a	1,55a	1,27b	1,45	1,32	1,54	1,34	1,41	1,22	1,24	1,30	1,20
					1,48	1,55	1,55	1,44					

CUADRO 6 Porcentaje de nitrógeno asimilado en madurez comercial

	HOJAS			TALLOS			\bar{x}			
	0	1	2	3	0	1		2	3	
B.P.	0,60	0,67	0,64	0,62	0,42	0,43	0,48	0,40	0,43	
B.C.	0,57	0,61	0,64	0,67	0,45	0,44	0,48	0,48	0,46	
					0,43	0,43	0,48	0,44		
GRANZA										
C	1	2	3	0	1	2	3	GRANOS		
B.F.	0,82a	0,84a	0,87a	0,80b	1,43b	1,43b	1,60a	1,58a		
B.C.	0,82b	0,82b	0,91a	0,90a	1,53b	1,53b	1,57a	1,72a		

C, 1, 2 y 3: Oportunidades de fertilización

. : Significancia estadística al 0,05.

La misma letra junto a números señala diferencias no significativas.

CUADRO 7 Rendimiento de grano (kg/ha)

Cultivar	\bar{X}			F		F	
	0	1	2	3	C	O	CxO
Buck Pucará	2455	3315	3103	3523	NS	NS	NS
Buck Cencerro	3078	3476	3675	2806			
\bar{X}	2766	3395	3389	3164			

O, 1, 2, 3: Oportunidades de fertilizaci3n

F: Valor F para cultivares

F_C: Valor F para oportunidades de fertilizaci3n

F_{C x O}: Valor F para la interacci3n de ambos factores

CUADRO 8 Porcentaje de proteina en granos

Cultivar	\bar{X}			F		F	
	0	1	2	3	C	O	CxO
Buck Pucará	11,60	12,59	14,69	14,13			
Buck Cencerro	13,16 _b	13,35	16,04	16,80	**	**	NS
\bar{X}	12,38 _b	12,97 _b	15,36 _a	15,46 _a			

O, 1, 2, 3: Oportunidades de fertilizaci3n

F_C, F_O y F_{CxO}: Valores de F para cultivares, oportunidades y la interacci3n correspondiente

NS y **: No significativo y significativo al 0,01.

CUADRO 9 Rendimiento de proteínas (kg/ha), Incremento de proteínas a partir del testigo (%) y % de recuperación del nitrógeno (%).

Cultivar	0	1	2	3	F		F
					Cult.	Oport.	
Buck Pucará	278,2d	417,6c	458,8b	499,4a			
Incremento	0	50,1	64,9	79,5			
% recuperación de N	0	22	14,2	34,9	NS	**	NS
Buck Cencerro	407,3c	465,2b	586,2a	466,5b			
Incremento	0	14,2	43,9	14,5			
% recuperación de N	0	6,2	9,6	6,3			

0, 1, 2, 3: Oportunidades de fertilización

NS: no significativo al 0,05

** : Significativo al 0,01

CUADRO 10 Coeficientes de correlación

Cultivares	R.G. vs P.	R.G. vs R.P.	P. vs R.P.
Buck Pucará	0,31 NS	0,93 **	0,50 *
Buck Cencerro	-0,16 NS	0,87 **	0,32 NS

NS, * y **: no significativo al 0,05, significativo al 0,05 y significativo al 0,01.