

EFECTO DE DOS MOMENTOS DE APLICACION DE UREA SOBRE LA PRODUCCION DE GRANO DE TRIGO EN DRABBLE (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

M DIAZ-ZORITA

EEA INTA Gral. Villegas - CC 153 (6230) Gral. Villegas (Bs.As.), Argentina y Dep. Agronomy, University of Kentucky, N-122 Agric. Sci. Center North, Lexington, KY, 40546-0091, USA. E-mail: zorita@inta.gov.ar

Recibido 12 de junio de 2000, aceptado 26 de octubre de 2000.

UREA FERTILIZATION TIMING EFFECT ON WHEAT GRAIN YIELDS IN DRABBLE (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

In the western part of Buenos Aires province (Argentina), many studies show that wheat (*Triticum aestivum* L.) grain yields increase after nitrogen fertilization, although the best timing for this practice is not clearly defined. The objective of this study was to determine the effects of N fertilization timing using broadcast urea on dryland wheat grain yields. A three years field research on a Typic Hapludoll at Drabble (Buenos Aires) was conducted applying 3 N levels (0, 50 and 100 kg ha⁻¹) at crop emergence or at crop tillering. Wheat grain yields were higher when the N treatments were applied at the emergence of the crops. Response to N fertilization at tillering was significant only in the year with larger rainfall during September. Monthly rainfall in the period June-October was well below that with 50 % chance of recurrence. From the relative availability coefficient and the yield response increment indexes, it was observed that N rates applied at emergence were on average twice as effective as those applied at tillering for the 3 years.

Key words: Nitrogen fertilization – Fertilization timing – Subhumid regions – Rainfall – Wheat yields.

INTRODUCCION

La mayoría de los lotes sembrados con trigo (*Triticum aestivum* L.) en el oeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) presentan insuficiente provisión de nitrógeno para cubrir las necesidades de cultivos de alta producción. Esto es consecuencia, entre varios factores, de las bajas temperaturas del suelo en etapas tempranas del crecimiento de los cultivos, de sus pobres contenidos de materia orgánica y de su manejo (cultivos antecesores, duración del barbecho, sistema de siembra, etc.). Abundantes estudios regionales demuestran que la respuesta productiva de los cultivos a las aplicaciones de nitrógeno dependen tanto de factores edáficos como climáticos y de manejo. Por ejemplo, para el sudoeste bonaerense, en la medida que los suelos son más profundos o menos provistos en materia orgánica la respuesta esperada a la fertilización nitrogenada es mayor, dependiendo de las posibles precipitaciones durante el mes de septiembre (Loewy 1990; Loewy, Ron 1996). En condiciones hídricas no limitantes el contenido de nitratos en las capas superio-

res de los suelos es el factor determinante de esta respuesta (González Montaner *et al.* 1991).

En general, la mayoría de los tratamientos de fertilización nitrogenada en cultivos de trigo en la región pampeana se realizan con anterioridad o durante la siembra aunque hacia el sur y el oeste se recomiendan aplicaciones divididas entre la siembra y el macollaje (Satorre, Slafer 1999). En condiciones hídricas no limitantes, las aplicaciones de nitrógeno al macollaje presentan una mayor eficiencia de recuperación del nutriente a la cosecha del cultivo que las realizadas en el momento de la siembra (Sarandón *et al.* 1997; Melaj *et al.* 2000). Las aplicaciones en etapas tardías del crecimiento pueden inducir a mejoras en la calidad y cantidad de las proteínas en los granos con menores efectos sobre los rendimientos (Sarandón, Caldiz 1990). En secano, la estrategia de fertilización nitrogenada dependerá de interacciones entre el nitrógeno edáfico con las precipitaciones (cantidad y distribución) y los requerimientos potenciales del cultivo (Bauer *et al.* 1992). En ambientes de re-

giones semiáridas el momento de aplicación del nitrógeno tiene un menor efecto sobre los rendimientos de trigo y parámetros de uso del nutriente que las condiciones ambientales durante la campaña (Alcoz *et al.* 1993). Resultados del sudoeste bonaerense y en otros ambientes ústicos muestran similares niveles de eficiencia de aplicaciones nitrogenadas en el momento de la siembra o en el macollaje aunque estas últimas son más sensibles a las variaciones en los niveles de precipitaciones durante el mes de septiembre y además permitirían evitar la aplicación de fertilizantes en campañas con limitaciones hídricas (Loewy 1990; Bono *et al.* 2000). Algunos autores proponen que las fertilizaciones fraccionadas entre siembra y macollaje son una alternativa para sincronizar la demanda de nitrógeno del cultivo con los aportes del suelo y los fertilizantes (Alcoz *et al.* 1993; Melgar 1997)

El momento de incorporación efectiva del fertilizante nitrogenado en el suelo condiciona el componente del rendimiento afectado y su eficiencia de uso. La máxima eficiencia se obtiene cuando la aplicación se realiza lo más tarde posible con estadios de crecimiento que permitan una rápida captación por el cultivo (Olson, Kurtz 1982). El nitrógeno absorbido hasta floración permite explicar la mayoría de las diferencias de rendimientos asociadas a este nutriente (Lázaro 1996). Por lo tanto, las correcciones de las deficiencias nitrogenadas deben anticiparse a este momento tal de permitir su incorporación en el suelo y posterior absorción por los cultivos. Hacia el oeste de la región pampeana las lluvias invernales son poco frecuentes (Hall *et al.* 1992). Por ejemplo, en Drabble (Buenos Aires), la probabilidad de obtener lluvias diarias superiores a 15 mm en un plazo de 10 días entre los meses de mayo y octubre es menor al 25 % (Díaz-Zorita *et al.* 1998). Por lo tanto, aplicaciones tardías (pleno macollaje) de fuentes nitrogenadas para la oportuna corrección de estas deficiencias serían riesgosas. En años con pocos aportes de agua, la respuesta a la práctica de fertilización con urea, independientemente del momento de aplicación, es baja. No obstante, como el consumo hídrico de cultivos de trigo fertilizados no sería afectado significativamente, aún en altas dosis de fertilización (Fagioli, Bianconi 1977).

Resultados de un relevamiento en campos de productores realizado por el laboratorio móvil de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación en el mes de diciembre de 1996 mostraron que en el partido de General Villegas (Buenos Aires), el 52 % de los lotes de trigo tienen como antecesor girasol (*Helianthus annuus* L.), que en el 76 % de los casos se fertilizan con urea, preferentemente aplicada en el macollaje pero que no se observan aumentos medios de los rendimientos por esta práctica y sí un significativo incremento en el contenido proteico de los granos (Anónimo, 1996). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del momento de aplicación superficial de urea sobre la producción de grano en un sitio del noroeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina).

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se desarrolló en la EEA INTA Gral. Villegas (Drabble, Bs.As.) en las campañas 1995, 1996 y 1997. En cada una se sembraron cultivos de trigo (cv. Klein Dragón en 1995 y 1996 y cv. Klein Cacique en 1997) a razón de 250-280 semillas m² en la segunda quincena del mes junio. En todos los casos el cultivo antecesor fue girasol y el barbecho se inició con discos de doble acción en el mes de abril. Los suelos fueron clasificados como Hapludoles Típicos de textura superficial franco arenosa, con 23,7 ± 2,5 g kg⁻¹ de materia orgánica, 21,7 ± 1,2 mg kg⁻¹ de P extractable por el método de Bray Kurtz 1 y 6,1 ± 0,1 de pH en agua en la capa de 0 a 20 cm de profundidad. Los niveles de N-NO₃⁻ en el momento de la siembra fueron de 18,8 ± 1,5 y 15,8 ± 1,6 mg kg⁻¹ para las capas de 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad respectivamente. En el sector noroeste de la provincia de Buenos Aires, aproximadamente el 50 % de los suelos agrícolas son Hapludoles Típicos (Moscatelli *et al.* 1980).

En cada campaña se evaluaron cuatro tratamientos de fertilización dispuestos en un estudio factorial con 2 factores (momento y dosis de fertilización) dispuestos en un diseño en bloques con 3 repeticiones y parcelas de 8 m² de superficie. Los momentos de fertilización estudiados fueron en la emergencia de las plántulas (primer quincena de Julio) o en pleno macollaje de los cultivos (última semana de Agosto). En cada momento se aplicaron 3 niveles de fertilización nitrogenada (0, 50 o 100 kg ha⁻¹ de N) utilizando urea (46 % de N) esparcida en superficie.

La producción de los cultivos y componentes del rendimiento (número de granos m⁻² y peso individual de granos) se determinó por cosecha y

trilla manual de 2 submuestras de 1 m² por parcela en estadios de madurez fisiológica de los cultivos.

La evaluación de los momentos de fertilización se realizó luego de calcular el incremento relativo de rendimientos (IRR) o de comparación vertical (Chien *et al.* 1990),

$$IRR = (R_m - R_c) (R_s - R_c)^{-1} \quad (1)$$

donde, para cada campaña y dosis de fertilización nitrogenada, R_m es el rendimiento en grano del tratamiento fertilizado al macollaje, R_c es el rendimiento en grano en el tratamiento control (sin fertilización) y R_s es el rendimiento en grano en el tratamiento fertilizado. En todos los casos los rendimientos en kg ha⁻¹.

También se calculó el coeficiente de disponibilidad relativa de nitrógeno (1) empleando el método estadístico de ajuste simultáneo de las respuestas lineales a los niveles de fertilización según el modelo de líneas rectas concurrentes usando el método de los mínimos cuadrados (White *et al.* 1956),

$$R = a + b (1_s N_s + 1_n N_m) = a + b 1_s N_s + b 1_n N_m \quad (2)$$

dónde R es el rendimiento en grano de los cultivos en kg ha⁻¹, N_s y N_m son las dosis de fertilización (kg de N ha⁻¹) aplicadas en la siembra y en macollaje, respectivamente y a, b_{1s} y b_{1n} son cons-

tantes calculadas por el ajuste estadístico. El tratamiento fertilización en el momento de la siembra fue considerado como el tratamiento standard con valores de 1_s iguales a 1 por lo que el 1 se calculó según el cociente entre las constantes b₁ y b_{1s} determinadas por el ajuste estadístico de la ecuación (2). El 1 es una medida que describe la cantidad de nutriente requerida en el tratamiento estudiado, en este caso aplicaciones en el macollaje, para producir respuestas similares a las obtenidas al aplicar una unidad del nutriente en las condiciones del tratamiento standard o control, en este caso aplicaciones en la siembra.

Otro índice empleado para comparar los momentos de fertilización fue la eficiencia de uso del nitrógeno (EUN),

$$EUN = (R_f - R_c) (D_f)^{-1} \quad (3)$$

donde, en cada campaña, dosis y momento de fertilización, R_f es la producción de grano en cada tratamiento fertilizado, R_c es el rendimiento en el tratamiento control y D_f es la dosis de N aplicada, todos en kg ha⁻¹.

En el análisis de los resultados de producción de grano se emplearon los procedimientos GLM y MIXED de PC-SAS (SAS Institute Inc. 1990) considerando a los tratamientos como factores fijos y a las campañas como factores aleatorizados. Además se realizaron análisis de

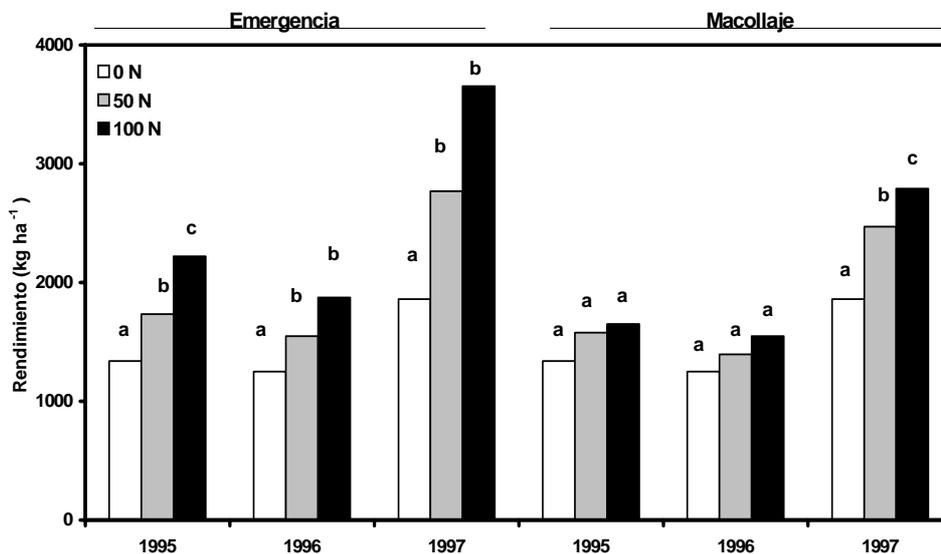


Figura 1. Efecto de tres dosis de fertilización nitrogenada sobre la producción de grano de trigo en un Hapludol Típico del oeste de Buenos Aires. Letras diferentes sobre cada columna indican diferencias significativas (p<0.05) entre dosis para cada campaña y momento de aplicación.

Figure 1. Effect of three nitrogen fertilization rates on wheat grain yields on a Typic Hapludoll from the western part of Buenos Aires province. Different letters on top of each column indicate significant differences (p<0.05) between nitrogen rates in each growing season and fertilization timing.

regresión entre los componentes del rendimiento y se empleó la prueba de diferencias de medias de Tukey para la comparación entre tratamientos en cada una de las campañas. En el caso de IRR y EUN se emplearon a los campañas como repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos de grano de los cultivos de trigo variaron entre 1338 y 3750 kg ha⁻¹ con interacciones significativas entre campañas, dosis de nitrógeno y momentos de fertilización. Por lo tanto se planteó el análisis por separado de los rendimientos en cada una de las campañas. En los 3 años estudiados, cuando la fertilización se realizó en la emergencia de los cultivos los rendimientos en los tratamientos fertilizados fueron mayores que en los controles y entre ellos (Figura 1). En cambio, sólo en la campaña 1997, cuando las aplicaciones de nitrógeno se realizaron en pleno macollaje los rendimientos en grano fueron en los tratamientos fertilizados significativamente mayores que en el control, sin diferencias entre las dosis de nitrógeno aplicadas (Figura 1). Al comparar los rendimientos en cada momento de fertilización para cada

campaña y dosis estudiada se observó que en todas las campañas los rendimientos de los cultivos fertilizados en el momento de la emergencia fueron mayores que en los que se fertilizaron en el macollaje (Figura 2). La producción de grano en cada una de las campañas estudiadas se correlacionó significativa y positivamente con el número de granos m⁻² presentes en el momento de la cosecha. La contribución del peso individual de los granos en los rendimientos también fue positiva pero sin observarse diferencias entre dosis ni momentos de fertilización (datos no presentados). Estas relaciones indican que los principales eventos ambientales regulatorios del rendimiento en cada campaña ocurrieron con anterioridad a la floración y al período de determinación del número de granos.

Si bien la EUN, a igualdad en el momento de aplicación, fue mayor con a dosis menor utilizada, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p < 0,48$). En cambio, independientemente de la dosis de fertilizante aplicada, las fertilizaciones durante la emergencia de los cultivos resultaron en una mayor EUN (Tabla 2). La interacción entre momento y dosis de fertilización fue

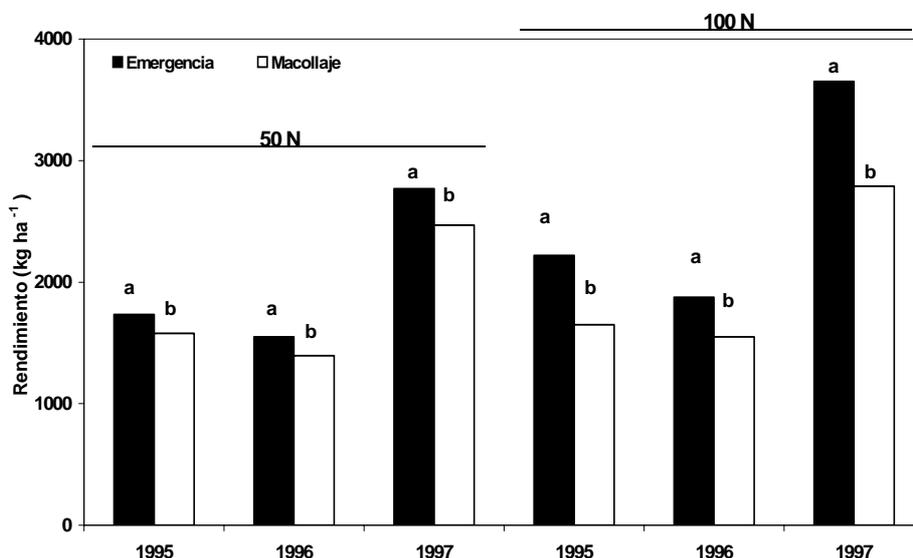


Figura 2. Efecto del momento de aplicación de urea sobre la producción de grano de trigo en un Hapludol Típico del oeste de Buenos Aires. Letras diferentes sobre cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre momentos de aplicación para cada campaña y dosis de nitrógeno.

Figure 2. Effect of urea fertilization timing on wheat grain yields on a Typic Hapludoll from the western part of Buenos Aires province. Different letters on top of each column indicate significant differences ($p < 0,05$) between fertilization timing in each growing season and nitrogen rate.

Tabla 1. Precipitaciones mensuales (mm) durante el ciclo de crecimiento de cultivos de trigo en el oeste de Buenos Aires en las campañas estudiadas y con una probabilidad de ocurrencia del 50 % (p50).

Table 1. Monthly rainfall (mm) during the growing season of wheat crops from the western part of Buenos Aires province in the three studied seasons and with a 50 % of chance of occurrence (p50).

Año	Meses					
	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviembre
1995	0	0	0	9	32	28
1996	10	2	1	6	38	141
1997	48	9	4	45	155	92
p50 †	13	12	16	49	92	101

† (Díaz-Zorita *et al.* 1998)

estadísticamente significativa con un nivel de $p < 0,30$. Las diferencias en EUN entre dosis y momentos de aplicación del fertilizante no fueron uniformes entre los años estudiados sugiriendo la ocurrencia de interacciones asociadas a diferencias en las condiciones climáticas entre años. En ambas dosis y momentos de fertilización, la EUN fue mayor en 1997 correspondiendo con la ocurrencia de mayores precipitaciones en el período junio – septiembre y con una mayor producción de los cultivos.

En todas las campañas estudiadas, los IRR presentaron valores menores a la unidad indicando, independientemente de la dosis de fertilizante empleada, una mayor producción relativa con las aplicaciones durante la emergencia que cuando se realizaron en el macollaje. En promedio para las 2 dosis de fertilizante utilizadas, el aumento en rendi-

mientos observado por el agregado de N en el macollaje fue aproximadamente del 50 % del detectado cuando la misma dosis de N se aplicó en la emergencia del cultivo. La diferencia entre los momentos de aplicación fue mayor cuando se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de N que cuando la dosis empleada fue de 50 kg ha⁻¹ de N (Tabla 2).

Las ecuaciones lineales concurrentes empleadas para el cálculo de λ en cada una de las campañas mostraron un ajuste superior al 98 % en todos los casos determinándose un valor medio de λ de $0,47 \pm 0,08$. En otras palabras, en promedio para las 3 campañas, por cada kg de N ha⁻¹ aplicado en el macollaje se lograron rendimientos en grano equivalentes a los esperados con dosis de 0,47 kg ha⁻¹ aplicados en la emergencia de los cultivos.

En la Tabla 1 se presentan los niveles de precipitaciones mensuales entre la implan-

Tabla 2. Incremento relativo de rendimientos (IRR), coeficiente de disponibilidad relativa de N (λ) y eficiencia de uso del nitrógeno aplicado en la emergencia (EUNe) o en el macollaje (EUNm) de cultivos de trigo en el oeste de Buenos Aires.

Table 2. Relative yield increment (IRR), N relative availability coefficient (λ) and nitrogen efficiency use of wheat crops from the western part of Buenos Aires province fertilized at the crop emergence (EUNe) and at tillering (EUNm).

Campaña	Dosis de N (kg ha ⁻¹)						λ
	50			100			
	IRR	EUNe	EUNm	IRR	EUNe	EUNm	
1995	0,60	7,9	4,8	0,37	8,8	3,1	0,39
1996	0,48	6,0	2,9	0,48	6,3	3,0	0,48
1997	0,67	18,2	12,2	0,52	17,9	9,3	0,54
Promedio	0,58	10,7	6,6	0,46	11,0	5,1	0,47
Desvío Standard	0,10	6,6	4,9	0,08	6,1	3,6	0,08

tación y la madurez fisiológica de los cultivos de trigo en las tres campañas estudiadas destacándose que en dos de ellas los niveles de precipitaciones en el mes de septiembre, luego de la aplicación de fertilizantes en el macollaje, fueron inferiores a los 10 mm. La respuesta al N aplicado en el macollaje fue significativa solo en el año con mayores precipitaciones durante septiembre (1997), en las otras campañas las precipitaciones mensuales entre junio y octubre correspondieron a condiciones muy inferiores a las esperadas con un porcentaje de ocurrencia del 50 %. En coincidencia con la menor respuesta de la fertilización en macollaje, los índices de aprovechamiento del nitrógeno aplicado en este estadio fueron menores que cuando las prácticas de fertilización se realizaron en el momento de la siembra (Tabla 2). Este comportamiento sugiere que años con menor ocurrencia de precipitaciones limitan la cantidad de nitrógeno disponible a partir de aplicaciones superficiales de urea para las plantas cuando el fertilizante se aplica en macollaje. Estudios en el sudoeste de Buenos Aires también observaron que en condiciones de primaveras secas la fertilización nitrogenada en la siembra asegura una mayor disponibilidad y absorción de este nutriente (Ron, Loewy 2000).

Estudios en el sudeste de Buenos Aires muestran que en cultivos de trigo bajo sistemas de labranza con remoción las pérdidas de nitrógeno por volatilización son mayores cuando se realizan aplicaciones de urea durante el macollaje que cuando estas son realizadas en el momento de la siembra de los cultivos (Videla 1994). No obstante, estos autores indican que los niveles de pérdida por este medio son inferiores al 1.5 % con aplicaciones de 120 kg ha⁻¹ en macollaje por lo que se atribuyen que las diferencias evaluadas en este ensayo serían principalmente relacionadas a limitaciones en la solubilización y mineralización de la urea en ausencia de precipitaciones durante el macollaje junto con una lenta incorporación y reducidas pérdidas por volatilización en las aplicaciones invernales dadas las bajas temperaturas frecuentes en este período. En Drabble (Buenos Aires) y durante el ciclo de crecimiento de cultivos de trigo, la ocurrencia de una lluvia diaria mayor a 15 mm en un término de 10 días es poco proba-

ble ($p < 0.20$) hasta aproximadamente el 20 de agosto, alcanzando un nivel de probabilidad del 50 % a partir del 20 de septiembre (Díaz-Zorita *et al.* 1998). Durante todo el ciclo de desarrollo vegetativo del cultivo (julio a octubre) es posible que en al menos 1 de cada 2 años ocurra una lluvia de 5 mm diarios cada 10 días por lo que las aplicaciones invernales luego de la emergencia de las plantas podrían solubilizarse e ingresar en el suelo durante un período de bajas temperaturas reduciendo las potenciales pérdidas por volatilización y con anterioridad a estadios de crítica demanda para el logro de cultivos de alto rendimiento. La urea se hidroliza con bajos contenidos de humedad en el suelo, aún en presencia de alta humedad relativa ambiente, requiriendo lluvias de al menos 5 mm para lograr su efectiva incorporación en la solución del suelo y reducir pérdidas por volatilización e incrementar la recuperación por los cultivos (Gasser 1964).

En las condiciones de este estudio (girasol como cultivo antecesor, media a alta disponibilidad inicial de N del suelo, precipitaciones inferiores a las normales), las correcciones de deficiencias nitrogenadas con aplicaciones superficiales de urea en el momento de la emergencia de las plántulas de cultivos de trigo resultaron más eficientes y con una mayor respuesta en producción de grano que cuando la fertilización se realizó durante el macollaje.

REFERENCIAS

- Alcoz M M, Hons F M, Haby V A. 1993. Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. *Agronomy Journal* 85:1198-1203.
- Anónimo. 1996. Los resultados del "Proteimóvil". Producción de trigo en la región noroeste bonaerense. *Tecnicorreo*. 18: 3.
- Bauer A, Black A L, Frank A B. 1992. Nitrogen fertilization in relation to spring wheat development stage. En *Kansas State University (Ed.)*. Proceedings of the Great Plains Soil Fertility Conference. Kansas State University, Manhattan, KS (USA). p. 129-136.
- Bono A, Montoya J C, Babinec F J. 2000. Dosis y momentos de fertilización en trigo en la región semiárida pampeana. En XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACS, Mar del Plata, Bs.As., Argentina.
- Chien S H, Sale P W G, Friesen D K. 1990. A discussion of the methods for comparing the

- relative effectiveness of phosphate fertilizers varying in solubility. *Fertilizer Research* 24:149-157.
- Díaz-Zorita M, Pepi M L, Grosso G A. 1998. Estudio de las precipitaciones en el oeste bonaerense. EEA INTA General Villegas. Publicación Técnica. 23:1-15.
- Fagioli M, Bianconi A. 1977. Fertilización nitrogenada del trigo de siembra temprana en la región semiárida pampeana. *IDIA* 349-354:13-17.
- Gasser J K R. 1964. Urea as a fertilizer. *Soils and fertilizers XXVII*: 175-180.
- González Montaner J H, Maddonni G A, Mailland N, Posborg M. 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 (Sudeste de la provincia de Buenos Aires). *Ciencia del Suelo* 9:41-51.
- Hall A J, Rebella C M, Ghersa C M, Culot J P. 1992. Field-crop systems of the pampas. En Pearson, C.J. (Ed.) *Field Crop Ecosystems*. Elsevier Ed. p. 413-450.
- Lázaro L. 1996. Determinación del rendimiento en trigo ante cambios en disponibilidad de nitrógeno generado por distintos cultivos antecesores. Tesis M.Sc. Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce (Buenos Aires), Argentina. 60 pág.
- Loewy T. 1990. Fertilización nitrogenada del trigo en el sudoeste bonaerense. I. Respuesta física y diagnóstico. *Ciencia del Suelo* 8:47-56.
- Loewy T, Ron M M. 1996. Dosis de nitrógeno para trigo en el S.O. bonaerense. EEA INTA Bordenave Boletín de Divulgación 39:1-5.
- Melaj M A, Echeverría H E, Studdert G A, Andrade F H, Bárbaro N O, López S C. 2000. Acumulación y partición de nitrógeno en el cultivo de trigo en función del sistema de labranza y momento de fertilización nitrogenada. En XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACSS, Mar del Plata, Bs.As., Argentina.
- Melgar R. 1997. Trigo. En Melgar R, Díaz-Zorita M (eds.). *La fertilización de cultivos y pasturas*. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. p. 71-91.
- Moscatelli, G, Salazar Lea Plaza J C, Godagnogne R, Gringberg H, Sánchez J, Ferrao R, Cuenca M. 1980. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires 1:500000. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. En IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. AACSS, p. 1079-1089.
- Olson R A, Kurtz L T. 1982. Crop N requirements, utilization and fertilization. En Stevenson F J (Ed.). *Nitrogen in agricultural soils*. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, USA. p. 567-604.
- Ron M M, Loewy T. 2000. Factores de eficiencia del N aplicado en trigo, a la siembra o macollaje. En XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACSS, Mar del Plata, Bs.As., Argentina.
- Sarandón S J, Caldiz D O. 1990. Effects of varying nitrogen supply at different growth stages on nitrogen uptake and nitrogen partitioning efficiency in two wheat cultivars. *Fertilizers Research* 22:21-27.
- Sarandón S J, Golik S I, Chidichimo H O. 1997. Acumulación y partición del nitrógeno en dos cultivares de trigo pan ante la fertilización nitrogenada en siembra directa y convencional. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 102:175-186.
- SAS Institute Inc. 1990. *SAS® Language: Reference, Version 6*. SAS Institute Inc. Cary, NC. 1042 pág.
- Satorre E H, Slafer G A. 1999. *Wheat: Ecology and physiology of yield determination*. Food Products Press. New York, USA. 503 pág.
- Videla C C. 1994. La volatilización de amoníaco: una vía de pérdida de nitrógeno en sistemas agropecuarios. EEA INTA Balcarce. Boletín Técnico 131. 16 pp.
- White R F, Kempthorne C A, Black C A, Webb J R. 1956. Fertilizer evaluation: II. Estimation of availability coefficients. *Soil Science Society of America Proceedings* 20:179-186.