

Efecto del inhibidor de la ureasa y momento de fertilización sobre la absorción de nitrógeno y rendimiento del cultivo de maíz bajo siembra directa

H. SAINZ ROZAS, H.E. ECHEVERRÍA, F.H. ANDRADE & G.A. STUDDERT

Unidad Integrada EEA INTA Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias UNMDP
CC 276, 7620 Balcarce, Argentina

SAINZ ROZAS H., H.E. ECHEVERRÍA, F.H. ANDRADE & G.A. STUDDERT. 1997. Efecto del inhibidor de la ureasa y momento de fertilización sobre la absorción de nitrógeno y rendimiento del cultivo de maíz bajo siembra directa. Rev. Fac. Agron., La Plata 102 (2): 129-136.

La siembra directa puede afectar la eficiencia con que el nitrógeno (N) del fertilizante es utilizado, sobre todo, cuando este es a base de urea. Por ende, el objetivo del presente estudio fue evaluar la absorción de N, acumulación de materia seca y el rendimiento en grano y sus componentes del cultivo de maíz, en función de dosis de N, presencia de un inhibidor de la actividad ureásica como el N-n-butil-triamida tiofosforica (nBTPT), y momento de fertilización. Se evaluaron las dosis de 35, 70, 140 kg N.ha⁻¹, con y sin nBTPT, aplicadas en dos momentos del ciclo del cultivo, a la siembra y al estadio vegetativo de 6 hojas.

El aumento en la disponibilidad de N generado por los distintos niveles de fertilización y por la aplicación de N al estadio V6 del cultivo produjeron un aumento significativo en el rendimiento, fundamentalmente a través del número de granos por unidad de superficie. La fertilización en V6 incrementó el rendimiento al aumentar la recuperación de N desde el fertilizante en madurez fisiológica. La recuperación de N desde el fertilizante y el rendimiento del cultivo no se incrementaron cuando la urea fue tratada con nBTPT.

Palabras clave: Maíz, siembra directa, urea, momento de fertilización, nBTPT.

SAINZ ROZAS H., H.E. ECHEVERRÍA, F.H. ANDRADE & G.A. STUDDERT. 1997. Effect of urease inhibitor and moment of fertilization on corn nitrogen absorption and yield in no-till. Rev. Fac. Agron., La Plata 102 (2): 129-136.

No-tillage can affect the use efficiency of N fertilizer, specially when it is urea based. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of N fertilizer rate, presence of nBTPT and moment application on plant N uptake, plant dry matter accumulation, and grain yield and its components of corn under no-tillage. Treatments were different doses N (35, 70, and 140 kg N.ha⁻¹ as urea), with and without nBTPT, and moment of N application (sowing and V6).

The increase of availability due to N and to a moment of fertilization (V6) increased grain yield due to an increase in kernels number per unit area. Fertilization at V6 increased grain yield due to improved N fertilizer recovery at physiological maturity. Recovery of N fertilizer and grain yield did not increase by urea+nBTPT.

Key words: corn, no tillage, urea, moment of fertilization, nBTPT.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de N afecta el crecimiento del cultivo de maíz a través de los componentes fisiológicos del mismo, esto es, intercepción de la radiación incidente (Muchow & Davies, 1988; Uhart & Andrade, 1995a) y la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa (EUR) (Sinclair & Horie, 1989; Uhart & Andrade, 1995a). Si las deficiencias de N, generadas por el uso de dosis subóptimas o por pérdidas de N desde el fertilizante, no permiten que el cultivo alcance un óptimo estado fisiológico durante la floración y el período de llenado de granos, se reduce el número de granos fijado por unidad de superficie (Uhart & Andrade, 1991; Cirilo & Andrade, 1994) y el peso de los mismos (Lemcoff & Loomis, 1986), respectivamente.

Una de las características de la siembra directa (SD) es la baja disponibilidad de N mineral en el suelo, por lo menos en los primeros años de implementada dicha práctica. Esta condición puede ser generada por una menor tasa de mineralización del N orgánico (Fox & Bandel, 1986); mayores riesgos de pérdidas de N por desnitrificación (Doran & Power, 1983; citados por Fox & Bandel, 1986); lavado (Thomas *et al.*, 1973) o a una combinación de éstos procesos de pérdidas. Estos efectos sobre la dinámica del N en dichos sistemas de labranza, tienen mayor relevancia en suelos de texturas finas de regiones húmedas. Por ende, teniendo en cuenta las características edafoclimáticas del sudeste bonaerense, es posible que en condiciones bajo SD se manifiesten altas respuestas al agregado de N mineral.

Los mecanismos de pérdida mencionados, afectan la eficiencia de recuperación del N del fertilizante. La aplicación de N al estadio de V5-V6 del cultivo de maíz bajo SD es una práctica que permite disminuir los riesgos de pérdida de N desde el sistema suelo-planta, aumentando el rendimiento del cultivo (We-

lls & Bitzer, 1984; Fox *et al.*, 1986; Wells *et al.*, 1992).

Pérdidas de N también son atribuidas a la volatilización de NH_3 , sobre todo en aplicaciones superficiales de urea y en particular, en suelos bajo cobertura de rastrojo (Keller & Mengel, 1986; Fox *et al.*, 1986; McInnes *et al.*, 1986; Watson *et al.*, 1994; Joo *et al.*, 1992; Beyrouy *et al.*, 1988; Fox & Piekielek, 1993). Los inhibidores de la ureasa al disminuir la velocidad de hidrólisis, reducen el potencial de volatilización de NH_3 , aumentando en consecuencia la absorción de N del fertilizante por el cultivo, siendo el N-n-butiril-triamida tiofosfórica (nBTPT) uno de los más eficientes, (Schlegel *et al.*, 1986; Watson *et al.*, 1994; Joo *et al.*, 1992; Beyrouy *et al.*, 1988; Fox & Piekielek, 1993).

A partir de los antecedentes mencionados se hipotetiza que el uso de urea más nBTPT y la aplicación de la misma al estadio de V5-V6 aumenta la recuperación de N del fertilizante y el rendimiento en grano del cultivo de maíz bajo SD. Para ello se planteó como objetivo evaluar durante el ciclo del cultivo: I) la absorción de N, II) acumulación de MS y III) el rendimiento en grano y sus componentes, en función de dosis de N, presencia de nBTPT y momento de fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante la campaña 1994/95 en el campo experimental de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA de Balcarce (Argentina; 37° 45' S; 58° 18' W), siendo la temperatura media anual para la zona de 13,8 °C. En el momento de la siembra del maíz, el lote presentaba una cobertura del 70 %, con una gran proporción de rastrojos de trigo. El suelo es un Paleudoll petrocálcico con un contenido de carbono orgánico de 32,4 g.kg⁻¹ de suelo, un pH de 5,83 y textura franca en los primeros 20 cm del perfil. El mis-

mo, presentaba al momento de la siembra del cultivo un contenido de N mineral de 60,6 kg.ha⁻¹ hasta los 100 cm de profundidad.

El híbrido utilizado fue DK 636 (FAO 530) y fue sembrado el 15/10/94 con una sembradora adaptada para SD, con líneas separadas a 0,7 m en parcelas de cuatro surcos (2,8 por 12 m), llegando el cultivo a cosecha con una densidad de 63700 plantas.ha⁻¹. Al momento de la siembra se aplicaron 45 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y 70 mm de agua en la floración para que dichos factores no limitaran el crecimiento del cultivo. Las malezas fueron adecuadamente controladas con aplicaciones de herbicidas presiembra y preemergente. Los insectos de suelo se controlaron mediante el uso de insecticidas apropiados.

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones con un arreglo factorial de los tratamientos 3 x 2 x 2, esto es, tres dosis de N (35, 70, 140 kg.ha⁻¹), cada una de ellas con y sin nBTPT aplicadas en dos momentos del ciclo del cultivo, a la siembra (18/10/94) y al estadio vegetativo de seis hojas (V6) (6/12/94). También fue incluido un tratamiento sin N el que fue evaluado mediante la subrutina GLM del Statistical Analysis Systems (SAS) (SAS Institute Inc, 1985), la cual permite trabajar con diseños desbalanceados. El nBTPT fue diluido en alcohol metílico y rociado sobre el fertilizante en una proporción de 0,25 % en peso sobre la urea; la misma se aplicó al voleo cubriendo toda la unidad experimental.

En V6, emisión de estigmas (R1) y en madurez fisiológica (R6) (Ritchie & Hanway, 1982) se realizaron muestreos para la determinación de MS, cortándose a nivel del suelo 10 plantas de los dos surcos centrales. Las tasas de crecimiento del cultivo (TCC) resultaron del cociente entre la acumulación de MS entre dos períodos y la duración del mismo. En R1, las plantas se separaron en láminas y resto, mientras que en R6, éstas se separaron en lámina, grano, marlo y resto. El N redu-

cido fue determinado sobre muestras secas y molidas en cada fecha de muestreo siguiendo el método (sin ácido salicílico) reportado por Nelson & Sommers (1973). El N acumulado fue calculado como el producto de la concentración de N en cada órgano por su peso seco.

La eficiencia de recuperación aparente de N del fertilizante (ERA) fue calculada mediante regresión lineal simple. En la misma se relacionó el incremento en el N absorbido debido a la fertilización con el nivel de N aplicado, siendo el valor de la pendiente la fracción del N aplicado absorbido por el cultivo. Similar metodología ha sido empleada por Bandel *et al.* (1975) y Meisinger *et al.* (1985). El incremento en el N absorbido por el tratamiento fertilizado fue calculado al restarle al mismo el N absorbido por el tratamiento sin N (0 N).

El porcentaje de radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptado por el cultivo fue determinado en R1 (12/01/95) y en estado de grano pastoso (R4) (2/03/95) al mediodía en días sin nubosidad. Este porcentaje fue calculado como $[1 - (I_i/I_o)] \times 100$, donde I_i es la radiación incidente registrada por encima de la última hoja senescente y I_o es la radiación incidente en la parte superior de la canopia del cultivo. Los valores de I_i y I_o fueron registrados con un radiómetro LI-COR 188 B conectado a un sensor de cuantos LI-COR 191 B, siguiendo la técnica descrita por Gallo & Daughtry (1986) para la colocación del mismo y número de observaciones.

En R6 se cosechó una superficie de 7 m² de los dos surcos centrales y el rendimiento fue ajustado al 14 % de humedad. El número de granos por unidad de superficie se calculó en base al rendimiento y el peso de 1000 granos.

El análisis de la varianza fue realizado mediante las rutinas incluidas en el programa SAS (SAS Institute Inc, 1985). Los modelos de regresión también fueron ajustados mediante el mismo programa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de N, MS y rendimiento en grano

Durante el ciclo del cultivo no se detectaron interacciones significativas en la acumulación de N, MS, intercepción de la radiación y rendimiento en grano para los distintos niveles del nutriente, presencia de nBTPT y momento de aplicación del fertilizante, por lo que en las Tablas 1, 2 y 3 sólo se muestran los efectos principales de dichos factores sobre aquellas variables.

En R6 se detectaron diferencias significativas en la acumulación de N para los diferentes niveles del mismo y para el momento de fertilización. La mayor oferta de N al cultivo, generada por el uso de dosis crecientes del mismo y por la aplicación retrasada de N, in-

crementó la TCC entre V6 y R1 y entre R1 y R6 por una mayor intercepción de la radiación incidente en R1 y R4 y, probablemente, por una mayor EUR, provocando una mayor acumulación de MS total en R6 para aquellos tratamientos (Tabla 1). No se encontraron efectos significativos de la aplicación de nBTPT en la acumulación de N y en consecuencia en la MS total en R6 (Tabla 1). Esto confirma que las pérdidas por volatilización de NH₃ en los tratamientos de urea sin nBTPT no fueron de gran magnitud en las condiciones de este experimento (Sainz Rozas *et al.*, 1996). Resultados similares fueron reportados por Hendrickson (1992), quien destacó respuestas positivas al uso de urea+nBTPT en sitios donde se pudieran producir significativas pérdidas de N por volatilización de NH₃.

Las mayores TCC entre V6-R1 y entre R1 y R6 (estimadoras de las TCC alrededor de la floración) generadas por el uso de dosis crecientes de N y por la aplicación retrasada del mismo estuvieron relacionadas al número de granos por unidad de superficie fijados coincidiendo con lo reportado por Aluko & Fischer (1987); Cirilo & Andrade (1994b); Uhart & Andrade (1995b).

El aumento en la disponibilidad de N debido a la fertilización produjo mayores TCC post-floración, a causa de una mayor intercepción de la radiación incidente durante el período de llenado de granos, lo que puede ser caracterizado por el aumento en la eficiencia de intercepción en R4 (Tabla 2) probablemente por un mayor índice y duración del área foliar. También, una mayor EUR podría explicar las mayores TCC post-floración y en consecuencia, el mayor peso de los granos a medida que aumenta la oferta de N (Tabla 3). Esto indica, que el menor peso de los granos en cultivos bajo estrés de N es debido a una limitación por fuente de asimilados (Lemcoff & Loomis, 1986; Muchow, 1994; Uhart & Andrade, 1995b). Sin embargo, un menor número de células endospermáticas en situaciones de estrés de N también podría limitar el peso po-

Tabla 1. Acumulación de N y materia seca total en madurez fisiológica (R6) del cultivo de maíz en función de niveles de N, momento de aplicación y presencia del inhibidor de la actividad ureásica.

Nitrogen and dry matter accumulation at physiological maturity in corn as a function of N rates, time application and presence of urease activity inhibitor.

Tratamientos		N	MS
		acumulado	acumulada
Factor	Niveles	g.m ⁻²	
N	0	8,80 d **	1373 d
	35	11,07 c	1666 c
	70	13,40 b	1850 b
	140	17,80 a	2059 a
M	1	13,43 b	1821 b
	2	14,75 a	1896 a
I	S	13,87 a	1830 a
	C	14,31 a	1887 a
CV %		9,06	6,62

** valores dentro de una columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente al 5 % de probabilidad respectivamente de acuerdo al test de Duncan. S= urea sin nBTPT, C= urea con nBTPT, 1= aplicación a la siembra, 2= aplicación al estado V6.

Tabla 2. Radiación interceptada, tasas de crecimiento prefloración (V6-R1) y post-floración (R1-R6) en función de niveles de N, momento de aplicación y presencia del inhibidor de la actividad ureásica.

Intercepted radiation, growth rate at pre-floración (V6-R1) and post-floración (R1-R6) as a function of N rates, time application and presence of urease activity inhibitor.

Tratamientos		Radiación interceptada		Tasas de crecimiento del cultivo	
Factor	Niveles	R1	R4	V6-R1	R1-R6
			%	g m ⁻² .día ⁻¹	
Nitrógeno	0	68,9 c**	54,0 c	16,26 c	10,60 d
	35	81,0 b	58,0 cb	19,73 b	13,10 c
	70	85,7 a	62,7 b	21,85 a	14,60 b
	140	88,4 a	72,2 a	23,33 a	16,80 a
Momento	1	83,0 b	62,5 b	21,40 a	14,40 b*
	2	87,0 a	66,3 a	21,90 a	15,30 a
Inhibidor	S	84,9 a	63,2 a	21,55 a	14,50 a
	C	85,4 a	65,5 a	21,73 a	15,20 a
CV %		5,6	9,9	9,00	9,79

** * valores dentro de una columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente al 5 y 10 % de probabilidad respectivamente de acuerdo al test de Duncan. S= urea sin nBTPT; C= urea con nBTPT; 1= aplicación a la siembra; 2= aplicación en V6.

tencial del grano.

Eficiencia de uso del N del fertilizante

El mayor rendimiento en grano cuando el fertilizante fue aplicado al estadio V6 fue de-

bido a una mayor ERA, lo que puede observarse por las pendientes de los modelos que relacionaron el incremento en el N absorbido por el cultivo y el N aplicado para ambos momentos de fertilización (Fig. 1). Las fracciones del fertilizante recuperadas por el cultivo fue-

Tabla 3. Componentes del rendimiento afectados por el nivel de N, momento de aplicación y presencia del inhibidor de la actividad ureásica.

Yield components affected by N level, time of application and presence of urease activity inhibitor.

Tratamientos		Rendimiento	Granos.m ⁻²	Peso de 1000 granos
Factor	Niveles	g m ⁻²	Miles	g
Nitrógeno	0	746 d*	2188 d	293 d
	35	947 c	2604 c	311 c
	70	1069 b	2852 b	324 b
	140	1232 a	3068 a	346 a
Momento	1	1039 a	2772 b	322 a
	2	1126 b	2911 a	331 a
Inhibidor	S	1071 a	2839 a	324 a
	C	1094 a	2847 a	330 a
CV %		6,57	5,58	4,34

** valores dentro de una columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente al 5 % de probabilidad de acuerdo al test de Duncan. S= urea sin nBTPT; C= urea con nBTPT; 1= aplicación a la siembra; 2= aplicación en V6.

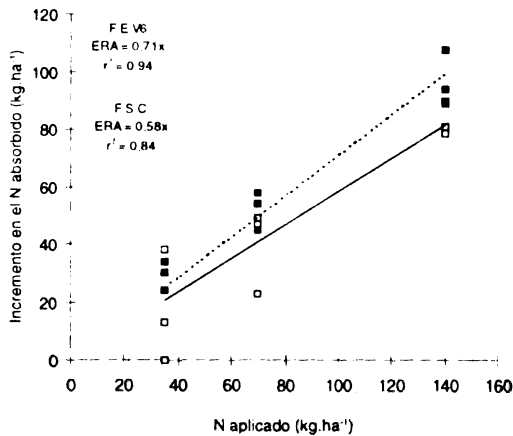


Figura 1. Relación entre el incremento en el N absorbido por el cultivo de maíz y el N aplicado. Cuadrados llenos y vacíos representan los valores observados para la fertilización al estadio V6 (F.E.V6) y al momento de la siembra del cultivo (F.S.C), respectivamente. ERA= eficiencia de recuperación aparente del N del fertilizante. X= nitrógeno aplicado.

Relationship between increase absorption in corn relate to applied N. Fill and empty squares represents observed values from pre-sidedress (F.E.V6) and planting (F.S.C) fertilization. ERA= N apparent recovery efficiency. X= applied N.

ron 0,58 y 0,71 kg de N absorbido kg N aplicado⁻¹, para la fertilización al momento de la siembra y al estadio V6 del cultivo, respectivamente, siendo las mismas significativamente diferentes ($P < 0,05$). La recuperación aparente de N del fertilizante observada en este experimento para la fertilización al momento de la siembra del cultivo se asemeja a los valores reportados por Meisinger *et al.* (1985) para maíz bajo labranza mínima. Estos autores destacaron que diversos mecanismos de pérdida como la inmovilización, el lavado de NO_3^- y la desnitrificación explican esta baja recuperación de N del fertilizante. Por el contrario, cuando el fertilizante fue aplicado en el estadio V6 el valor de eficiencia de recuperación observado en este experimento se asemeja al reportado por Bigeriego *et al.* (1979) para

maíz bajo labranza convencional con aplicaciones de N al estadio V6, indicando que se puede lograr similar recuperación de N del fertilizante que en labranza convencional cuando se retrasa la fertilización. Mayores rendimientos en maíz bajo SD con aplicaciones de N al estadio V6 con respecto a aplicaciones del mismo al momento de la siembra del cultivo también han sido reportados por Wells & Bitzer (1984); Fox & Bandel (1986); Fox *et al.* (1986); Wells *et al.* (1992). Por el contrario, en labranza convencional Maddux & Barnes (1985) y Killorn & Zourarakis (1992), no han reportado diferencias en rendimiento a favor de la aplicación de N al estadio V6 con respecto a la fertilización al momento de la siembra del cultivo. Por ende, el retraso en la aplicación de N tendría un efecto más consistente en aumentar el rendimiento en SD, ya que los mecanismos de pérdida de N están más exacerbados en estos sistemas sin labranza.

CONCLUSIONES

La acumulación de N, MS total y rendimiento del cultivo de maíz bajo SD aumentó a través de todos los niveles de N aplicados y por la aplicación retrasada del mismo, siendo el número de granos por unidad de superficie el componente más afectado.

La aplicación de urea+nBTPT en ambos momentos de fertilización no produjo aumentos significativos en la acumulación de N, MS total y rendimiento en grano del cultivo. En consecuencia el uso de urea+nBTPT no aumentó la eficiencia de recuperación de N.

BIBLIOGRAFÍA

- Aluko G. K. & K. S. Fischer. 1987. The effect of changes of assimilate supply around flowering on grain sink size and yield of maize (*Zea mays* L.) cultivars of tropical and temperate adaptation. *Australian Journal Research*, 38: 153-161.

- Bandel V. A., S. Dzienia, G. Stanford & J. O. Legg.** 1975. Nitrogen behavior under no-till vs conventional corn culture. I. First-year results using unlabeled N fertilizer. *Agronomy Journal*, 67: 782-786.
- Beyrouy C. A., I. E. Sommers & D. W. Nelson.** 1988. Ammonia volatilization from surface-applied urea as affected by several phosphoroamide compounds. *Soil Science Society of American Journal*, 52: 1173-1178.
- Bigeriego M., R. D. Hauck & R. A. Olson.** 1979. Uptake, translocation and utilization of ¹⁵N-depleted fertilizer in irrigated corn. *Soil Science Society of American Journal*, 43: 528-533.
- Cirilo A. G. & F. H. Andrade.** 1994. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. *Crop Science*, 34: 1044-1046.
- Fox R. H. & V. A. Bandel.** 1986. Nitrogen utilization with no-tillage. *No-Tillage and Surface-Tillage Agriculture. The Tillage Revolution*. M A Sprage and G B Triplett, Ed. John Wiley and Sons, USA. 117-255 pp.
- Fox R. H., J. M. Kern & W. P. Piekielek.** 1986. Nitrogen fertilizer source, and method and time of application effects on no-till corn yields and nitrogen uptakes. *Agronomy Journal*, 78: 741-746.
- Fox R. H. & W. P. Piekielek.** 1993. Management and urease inhibitor effects on nitrogen use efficiency in no-till corn. *Journal of Production Agriculture*, 6: 195-200.
- Gallo W. P. & C. S. T. Daughtry.** 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in crop canopies. *Agronomy Journal*, 78: 752-756.
- Hendrickson L. L.** 1992. Corn yield response to the urease inhibitor NBPT: five-year summary. *Journal of Production Agriculture*, 5: 131-137.
- Joo Y. K., N. E. Christians, G. T. Spear & J. M. Bremner.** 1992. Evaluation of urease inhibitors as urea amendments for use on Kentucky Bluegrass turf. *Crop Science*, 32: 1397-1401.
- Keller G. D. & D. B. Mengel.** 1986. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. *Soil Science Society of American Journal*, 50: 1060-1063.
- Killorn R. & D. Zourarakis.** 1992. Nitrogen fertilizer management effects on corn grain yield and nitrogen uptake. *Journal of Production Agriculture*, 5: 142-148.
- Legg J. O., G. Stanford & O. L. Bennett.** 1979. Utilization of labeled-N fertilizer by silage corn under conventional and no-till culture. *Agronomy Journal*, 71: 1009-1015.
- Lemcoff J. H. & R. S. Loomis.** 1986. Nitrogen influences on yield determination in maize. *Crop Science*, 29: 1017-1022.
- Maddux I. D. & P. I. Barnes.** 1985. Effects of time and rate of applied nitrogen and nitrapyrin on irrigated corn. *Journal of Fertilizer Issues*, 4: 124-129.
- McInnes K. J., R. B. Ferguson, D. E. Kissel & E. T. Kanemasu.** 1986. Field measurements of ammonia loss surface applications of urea solution to bare soil. *Agronomy Journal*, 78: 192-196.
- Meisinger J. J., V. A. Bandel, G. Stanford & J. O. Legg.** 1985. Nitrogen utilization of corn under minimal tillage and moldboard plow tillage. I. Four-year results using labeled N fertilizer on an Atlantic coastal Plain soil. *Agronomy Journal*, 77: 602-611.
- Muchow R. C. & R. Davies.** 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. *Field Crops Research*, 18: 17-30.
- Muchow R. C.** 1994. Effect of nitrogen on yield determination in irrigated maize in tropical and subtropical environments. *Field Crops Research* 38: 1-13.
- Nelson D. W. & L. E. Sommers.** 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, 65: 109-112.
- Ritchie S. W. & J. J. Hanway.** 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special report N° 48.
- SAS.** Institute Inc. 1985. User's guide. Statistics. Version 5. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Sainz Rozas H. R., H. E. Echeverría, G. A. Studdert & F. H. Andrade.** 1996. Volatilización de amonio desde fertilizantes nitrogenados en siembra directa de maíz. *Actas del XV Congreso argentino de la ciencia del suelo*. La Pampa, Argentina, pp. 157-158.
- Schlegel A. J., D. W. Nelson & L. E. Sommers.** 1986. Field evaluation of inhibitors for corn production. *Agronomy Journal*, 78: 1007-1012.
- Sinclair T. R. & T. Horie.** 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: A review. *Crop Science*, 29: 90-98.
- Thomas G. W., R. L. Blevins, R. E. Phillips & M. A. McMahon.** 1973. Effect of a killed sod mulch on nitrate movement and corn yield, 65: 736-739.
- Uhart S. A. & F. H. Andrade.** 1991. Source-sink relationship in maize grown in a cool temperate area. *Agronomie*, 11: 863-875.
- Uhart S. A.** 1995. Deficiencias de nitrógeno en maíz. Efectos sobre el crecimiento, desarrollo y determinación del rendimiento. Tesis Dr. Cs. Agr. Univ. Nac. de Mar del plata, Buenos Aires.
- Uhart S. A. & F. H. Andrade.** 1995a. Nitrogen

- Deficiency in Maize: I. Effects on Crop Growth, Development, Dry Matter Partitioning, and Kernel Set. *Crop Science*, 35: 1376-1383.
- Uhart S. A. & F. H. Andrade.** 1995b. Nitrogen Deficiency in Maize: II. Carbon-nitrogen interaction on kernel number and grain yield. *Crop Science*, 35: 1384-1389.
- Watson C. J., H. Miller, P. Poland, D. J. Kilpatrick, M. D. B. Allen, M. K. Garrett & C. B. Christianson.** 1994. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-Butyl) thiophosphoric triamide (nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Biological Biochemistry*, 9: 1165-1169.
- Wells K. L., W. O. Thom & H. B. Rice.** 1992. Response of no-till corn to nitrogen source, rate, and time of application. *Journal of Production Agriculture*, 5: 607-610.
- Wells K. L. & M. J. Bitzer.** 1984. Nitrogen management in the no-till system. *Nitrogen In Crop Production*, Ed. Hauck R D, J D Beaton, C A I Goring, R D Hauk, R G Hoeft, G W Randall and D A Russel. Published by American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin USA. 535-549 pp.