

Componentes del rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays*) ante diferentes dosis de nitrógeno

Leonardo Blanco Rodríguez (1), Sergio A. Uhart (2), Fernando H. Andrade (2), Hernán E. Echeverría (2) y Hernán Sainz Rozas (2).

(1) Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba.

(2) Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

RESUMEN. Los objetivos del trabajo consistieron en estudiar algunos de los componentes del rendimiento del maíz en función de diferentes disponibilidades de N. Se utilizó el híbrido de maíz Dekalb 639. Los tratamientos fueron tres niveles de N (testigo, 70 y 210 kg/ha de N) combinados con dos momentos de aplicación del fertilizante (a la siembra y con 6 hojas desarrolladas). En madurez fisiológica (R6) se determinó la eficiencia del uso del nitrógeno (EUN), el rendimiento en granos y sus componentes y el índice de cosecha. La producción de materia seca se incrementó al aumentar la dosis de nitrógeno. El momento de aplicación no generó diferencias significativas entre tratamientos. El rendimiento en grano, el número de granos por m² y el peso de 1 000 granos disminuyeron al reducirse la disponibilidad de N. La relación entre el rendimiento y la concentración de N en grano fue ajustada por una relación lineal + plateau con un umbral de 1,27 % de N en grano a partir del cual no hubo incrementos en el rendimiento en granos con aumentos en la provisión de este nutriente.

Palabras clave: *Zea mays*, eficiencia de uso del nitrógeno, siembra directa.

ABSTRACT. The objectives of the work were: to study some of the components of the yield, the nitrogen use efficiency (NUE) in maize in function of different N availability. The hybrid corn used was DK639. The treatments were 3 levels of N (control, 70 and 210 kg/ha of N) applied at sowing and at V6. Nitrogen stress was characterized for different moment of growing cycle. In physiologic maturity (R6) were determined the nitrogen use efficiency (NUE), the yield in grain and its components and the harvest index. The production of dry matter was increased when increasing the N rate. The application moment did not generate significant differences among treatments. The yield in grain, the number of grains for m² and the weight of 1000 kernel diminished when decreasing the N offer. The application moment did not generate significant differences in these variables. The relationship between the yield and the concentration of N in grain was adjusted by a lineal relationship + plateau, with a threshold of 1,27% of N in grain starting from which there are not increments in the yield in grains with increases in the provision of this nutrient.

Key words: Maize, nitrogen use efficiency, no tillage

INTRODUCCIÓN

El maíz es el tercer cultivo en importancia económica en el mundo después del trigo y el arroz constituyendo la principal actividad agrícola en muchas regiones. A nivel mundial se siembran alrededor de 130 millones de ha de este cereal con una producción estimada de casi 500 millones de toneladas de grano (FAO, 1992). El área sembrada en Argentina en la campaña 1996/1997 fue de aproximadamente 3,8 millones de ha que produjeron alrededor de 15 millones de toneladas de grano (Rebolini, 1997).

El cultivo del maíz ha tenido en muchas regiones del mundo un creciente interés, no sólo por el

aprovechamiento de sus granos, sino también por la utilización de su biomasa aérea en la alimentación animal, principalmente en forma de silaje. Su reconocido valor energético y digestibilidad lo han difundido en países subdesarrollados y desarrollados permitiendo importantes incrementos en la producción de carne y leche. Su cultivo también aporta beneficios en sistemas de manejo conservacionistas de los suelos por la gran cobertura que genera su rastrojo (Vanotti, 1994).

El nitrógeno es considerado el nutriente más importante para la producción vegetal por las cantidades requeridas por los cultivos y por la frecuencia con que se observan deficiencias en suelos agrícolas, por lo que su manejo es esencial para

maximizar la productividad (Tisdale y otros, 1993; García, 1996).

El estrés de N reduce la RFA interceptada al disminuir el índice del área foliar (IAF) y la duración del área foliar (Muchow, 1988; Uhart y Andrade, 1995a). Aunque las deficiencias de N afectan las fenofases vegetativas retrasándolas ligeramente, la tasa de aparición y el número final de hojas no caen significativamente (Girardin y otros, 1987; Muchow, 1988; Lemcoff y Loomis, 1994; Uhart y Andrade, 1995). Por lo tanto, la disminución de la RFA interceptada por el cultivo ante deficiencias de N es explicada principalmente por reducciones en la expansión foliar (Muchow, 1988; Uhart y Andrade, 1995).

El objetivo del trabajo fue estudiar algunos de los componentes del rendimiento en función de diferentes disponibilidades de N, analizando el rendimiento de materia seca, el rendimiento relativo de granos, el número de granos por espiga, la eficiencia de uso del N y la concentración de N en grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido bajo el sistema de siembra directa en el campo de la Estación Experimental del INTA, Balcarce, Argentina (37° 45' LS, 58° 18' LO, 130 msnm), durante la estación de crecimiento 1996/1997, mediante un proyecto de colaboración con Cuba. Aunque esta investigación se realizó fuera de Cuba, y Argentina es uno de los países mayores productores de maíz del mundo, consideramos que algunos de los resultados de esta investigación conjunta con un grupo de investigadores reconocidos internacionalmente pueden ser de interés para elevar los bajos rendimientos actuales que se alcanzan en el cultivo del maíz en Cuba.

Se utilizó el híbrido simple de maíz Dekalb 639, realizando la siembra el 20 octubre de 1996 sobre un suelo paleudol petrocálcico con 5,8 % de materia orgánica en los primeros 20 cm de profundidad.

Se aplicaron 46 kg/ha de P₂O₅ (superfosfato triple de calcio) a la siembra y se aseguraron condiciones no limitantes de agua mediante riego por aspersión.

Las malezas, plagas y enfermedades fueron controladas adecuadamente. La densidad de siembra en el momento de la cosecha fue de 79.000 plantas/ha. Los tratamientos consistieron en un testigo no fertilizado y 2 dosis de nitrógeno (70 y 210 kg/ha de N, utilizando urea) combinadas con dos momentos de aplicación del fertilizante (a la siembra y con 6 hojas desarrolladas). Las combinaciones de dosis de N y momentos de aplicación generaron 5 niveles de oferta de N. Los tratamientos considerados fueron estos 5 niveles de N dispuestos en un diseño en bloques completamente al azar con 3 repeticiones. Las unidades experimentales comprendieron 5 hileras de plantas de 15 m de longitud con 0,70 m de separación entre surcos.

El N reducido en la planta entera y sus órganos fue determinado siguiendo el método reportado por Nelson y Sommer (1973) en los mismos momentos de la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) por el cultivo. El N acumulado en la planta entera o en sus órganos fue calculado como el producto de la concentración de N en la planta entera o en sus órganos por su peso seco. En madurez fisiológica (R6) se cosecharon 14,30 m distribuidos en los tres surcos centrales, dejando un metro lineal en cada extremo como bordura. Las espigas se recolectaron en forma manual. La trilla se llevó a cabo con una trilladora estacionaria. Los granos fueron pesados y su humedad fue determinada con un higrómetro de granos A79 de Tesma SAIC (La Plata, Argentina), utilizando estos registros para expresar el rendimiento en grano sobre base seca. El peso medio del grano a la cosecha se determinó sobre dos muestras de 500 granos cada una, secadas en estufa hasta peso constante. El número de granos por unidad de superficie resultó del cociente entre el rendimiento en granos por m² y el peso promedio de 1 grano. El índice de cosecha se calculó como el cociente entre el rendimiento en grano y el valor de materia seca aérea acumulada en madurez fisiológica.

Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de la varianza y el análisis de regresión y correlación para las variables de interés, empleando las rutinas del programa Statical Analisis System (SAS) (SAS Institute Inc., 1985). Los supuestos de normalidad, independencia y

homocedasticidad fueron chequeados mediante las rutinas del mismo programa estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de materia seca se incrementó al aumentar la dosis de nitrógeno. El momento de aplicación no generó diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1).

El rendimiento en grano, el número de granos por m² y el peso de 1000 granos disminuyeron al reducirse la disponibilidad de N. El momento de aplicación no generó diferencias significativas en dichas variables (Tabla 1). El rendimiento promedio en grano cayó entre un 39 y 20 %, y el peso del grano entre un 26 y 13 % para los tratamientos testigo y la dosis de 70 kg/ha de N, respectivamente, comparados con la mayor dosis de N. Uhart (1995) informó que las deficiencias de nitrógeno reducen el peso del grano cuando

disminuyen más las fuentes de asimilación durante el período de llenado que el número de destinos reproductivos. Sin embargo, las deficiencias de N pueden reducir el peso del grano si afectan variables que son determinadas en postfloración temprana, como el número de células endospermáticas y gránulos de almidón (Andrade y otros, 1996).

La caída en el número de granos por m² por estrés de N se asoció más con incrementos en el aborto de granos y fallas en la fertilización que con reducciones en el número de granos potenciales, coincidiendo con lo informado por Uhart y Andrade (1995b) y Andrade y otros (1996).

La eficiencia de uso del N en función de la materia seca producida (EUN_{ms}) y el rendimiento en grano (EUN_{gr}) se incrementaron a medida que disminuyó el N total acumulado en la planta. Las pendientes de ambas relaciones fueron -0,45 kg de materia seca y -0,16 kg de grano por kg de N acumulado en biomasa aérea. (Figura 2).

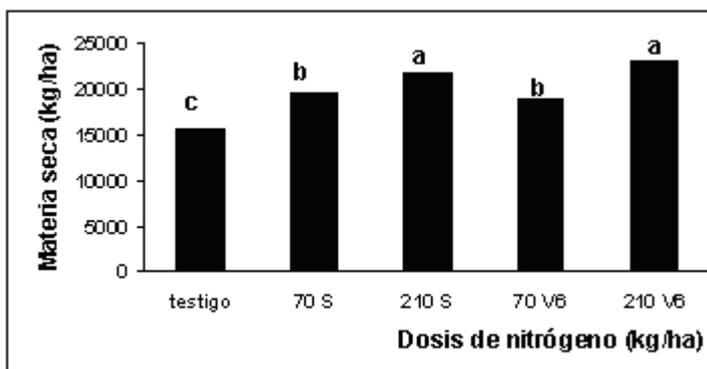


Figura 1. Materia seca acumulada en biomasa aérea en madurez fisiológica en función del nivel de oferta de nitrógeno: S = fertilización a la siembra y V6 = fertilización en 6 hojas desarrolladas. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) según la prueba de M.D.S.

Tabla 1. Componentes numéricos del rendimiento para diferentes niveles de oferta de N

Tratamiento	Granos por espiga	Peso de 1000 granos (g)	Granos por m ²	Rendimiento Relativo	Peso relativo de 1000 granos
Testigo	451 c	190,20 c	3 563 c	0,55 c	0,77 c
70 S	496 c	219,58 ab	4 037 b	0,72 b	0,89 ab
210 S	669 a	235,87 a	4 748 a	0,91 a	0,95 a
70 V6	487 c	214,72 b	4 287 b	0,73 b	0,87 b
210 V6	575 b	234,39 a	4 636 b	0,88 a	0,95 a
ES	15,01	5,98	84,02	0,03	0,02

S= siembra, V6= 6 hojas desarrolladas

ES= error estándar. Rendimiento relativo = rendimiento en grano del cultivo con estrés de N/ rendimiento en grano sin estrés de N. Peso de 1000 granos relativos = peso de 1000 granos del tratamiento estresado/peso de 1000 granos del tratamiento sin estrés de nitrógeno.

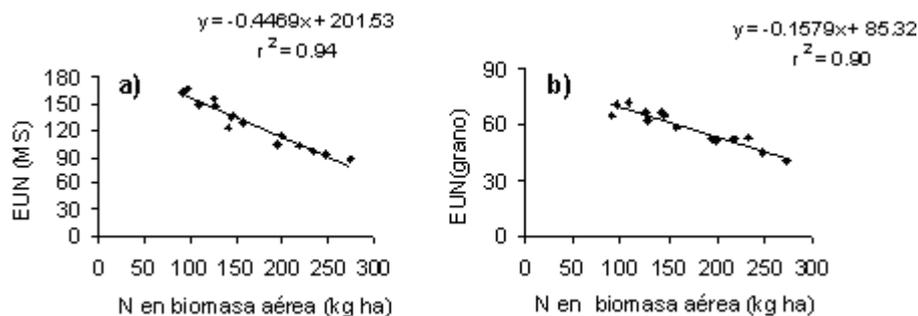


Figura 2. Eficiencia de uso de nitrógeno (expresada como kg de materia seca aérea/kg de N absorbido (a) y como kg de grano/kg de N absorbido (b) para diferentes niveles de oferta de nitrógeno (estimados a través del N acumulado en biomasa aérea).

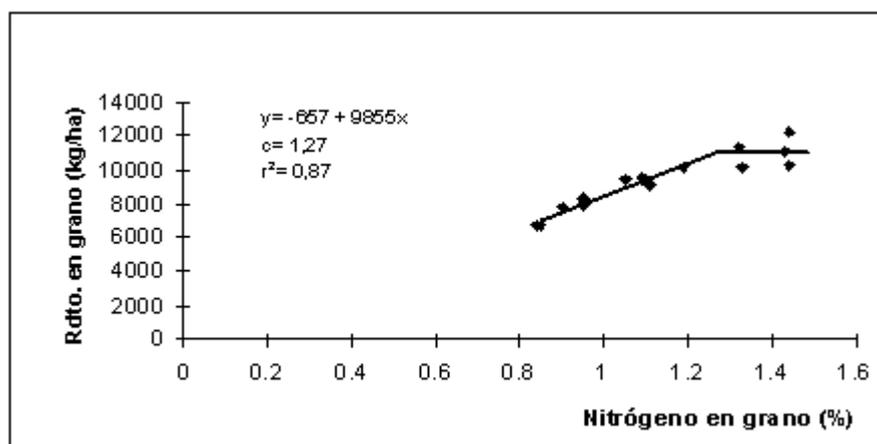


Figura 3: Relación entre rendimiento en grano y la concentración de nitrógeno en grano para diferentes niveles de disponibilidad de N

El rendimiento y la concentración de N en grano fue ajustada por una relación lineal + plateau, encontrándose un umbral de 1,27 % de N en el grano a partir del cual no hay incrementos en el rendimiento en granos con aumentos en la provisión de este nutriente (Figura 3). La existencia de un plateau indica un consumo de lujo de N en grano que no fue utilizado en el incremento del número de granos y en el rendimiento de granos.

En la zona del plateau, la EUN_{gr} aumenta al reducirse la concentración de N en grano, mientras que en el tramo de mayor pendiente la EUN_{gr} tiende a reducirse levemente. Uhart (1995), trabajando en Balcarce, informó para otro cultivar un valor de 1,19% de N en grano como umbral de inicio del plateau de rendimiento relativo, valor similar al hallado en este experimento.

CONCLUSIONES

1. El rendimiento de materia seca, el rendimiento relativo de granos y el peso de 1 000 granos se incrementaron al aumentar la dosis de nitrógeno. El momento de aplicación no generó diferencias significativas entre tratamientos.
2. La eficiencia de uso del nitrógeno en base a la producción de materia seca y granos se incrementó a medida que disminuyó el N total acumulado en la planta.
3. Hubo una estabilidad del rendimiento en grano ante disminuciones en la concentración de N en grano a alta dosis de N.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F.H. (1995): "Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown". Balcarce, Argentina. *Field Crop Res.* 4:1-12.
- Andrade, F. H.; A. G. Cirilo; S. A. Uhart y M. E. Otegui (1996). *Ecofisiología de cultivo del maíz*. Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce-Dekalb Press. Editorial La Barrosa, 292 pp.
- FAO (1992): Anuario. Producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. vol.45. Roma, Italia.
- Francis, D.D.; J. S. Schepers and M. F. Vigil (1993): "Post-anthesis Nitrogen loss corn". *Agron J.* 85: 659-663.
- García, F. (1996): El ciclo del nitrógeno en ecosistemas agrícolas. Unidad Integrada INTA-FCA. Boletín técnico n° 140. Balcarce, Argentina.
- Girardin, Ph.; M. Tollenaar; A. Deltour and J. Muldoon (1987): "Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.) effects on development, dry matter accumulation and grain yield". *Agronomie* 7:289-296, París.
- Lencoff, J. H. and R. S. Loomis (1994): "Nitrogen nutrition and density influence on silk emergence, endosperm development, and grain yield in maize". *Field Crop Res.* 38:63-72.
- Muchow, R. C. (1988): "Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. I. Leaf growth and leaf nitrogen". *Field Crops Res.* 18:1-16.
- Nelson, D.W. and L. E. Sommer (1973): "Determination of total nitrogen in plant material". *Agron. J.*, 65:109-112.
- Novoa, R. y R. S. Loomis (1981): "Nitrogen and plant production". *Plant and soil* 58:177-204.
- Rebolini, J. M. (1997): "Maiz en la Argentina y en los Estados Unidos". *Márgenes Agropecuarios*. 146:2628.
- Tisdale, S. L.; W. Nelson; J. Beaton and J. Havlin (1993): Soil fertility and fertilizers. Fifth Edition. Macmillan Pub. Co., New York (EUA).
- Uhart, S. A. (1995): Deficiencias de nitrógeno en maíz: Efectos sobre el rendimiento, desarrollo. Tesis en opción al título de Doctor, Univ. Nac. de Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Uhart, S. A. and F. H. Andrade (1995a): "Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratio". *Crop. Sci.* 35:183-190.
- _____ (1995b) : "Nitrogen deficiency in maize. II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield". *Crop Sci.* 35: 1384-1389.

