

# Evolución y distribución del nitrógeno, fósforo y potasio en plantas de maíz (*Zea mays*, L.)

E Monge; J Val; A Alvarez

*Estación Experimental de Aula Dei (CSIC).  
Apartado 202, 50080-Zaragoza  
emonge@eead.csic.es*

## Introducción

El nitrógeno es el nutriente que produce una respuesta más evidente en la planta, acelerando su vida vegetativa, su desarrollo e induce, generalmente, un aumento de la producción, siendo el elemento más rentable en la fertilización agrícola por lo que suelen aplicarse cantidades superiores a las necesidades, tanto en especies frutales (Legaz y Primo, 1988) como en otro tipo de cultivos (Wenbaum *et al.*, 1992; Sango *et al.*, 2001 y Alves *et al.* 2006), sin tener en cuenta la dosis adecuada, su manejo óptimo, ni las repercusiones medioambientales por su uso excesivo. El exceso de abonado nitrogenado ocasiona una serie de consecuencias adversas como es un consumo de lujo de fertilizantes, con la consiguiente problemática de equilibrio con otros elementos por sinergismo o antagonismo (Bergmann, 1992), alteraciones difícilmente reversibles de las características físicas y químicas del suelo, y contaminación del medio ambiente (Weinbaum *et al.*, 1992; Balik *et al.*, 2003 y Echeverría y Studdert, 2000).

En el maíz, especialmente en regadío, la utilización de fertilizantes se suele realizar añadiendo cantidades excesivas y los agricultores siguen las reco-

mendaciones que publican las casas que los elaboran, especialmente de nitrógeno porque estimula la vegetación, el ahijamiento y enriquece los granos. Los abonos utilizados, dependiendo del momento de utilización, suministran el N en forma de amonio, que se fija al complejo de cambio del suelo, o bajo la forma de nitrato que no es retenido por el complejo de cambio y puede ser absorbido por la planta o ser lavado por el agua de riego o lluvia. Por el contrario, el ión fosfato es fijado muy fuertemente por adsorción al suelo donde queda retenido sin producirse apenas lavado, situación similar por el potasio que también queda fijado por los coloides, formando diferentes compuestos minerales y orgánicos (Guerrero, 1992).

En este trabajo se estudia el aprovechamiento por la planta de las unidades fertilizantes de N, P y K que se aplicaron en un ensayo de maíz, la dinámica de absorción de los nutrientes desde la fase de crecimiento hasta secado y su distribución en distintos órganos, hoja, mazorca entera y grano. Estos resultados nos permitirán conocer la eficacia fisiológica de la planta, cantidades de nutrientes sin utilizar y que potencialmente pueden ocasionar impacto medioambiental.

## Material y Métodos

El ensayo ha sido realizado en una parcela perteneciente a la finca de la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), correspondiente al término municipal de Montañana, Zaragoza. La semilla utilizada fue el híbrido Aristis, utilizando una densidad de plantación de 66.500 pl/ha y obteniéndose una producción de 12.350 kg ha<sup>-1</sup>.

**Fertilizantes:** La parcela se abonó en fondo o sementera con 600 kg de un complejo 12-24-12 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, complementándose con 300 kg ha<sup>-1</sup> de urea. Para cobertera se utilizó 325 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato amónico del 33.5%.

**Agua de riego:** El riego empleado fue por inundación, con nueve riegos entre el 14 de junio y el 2 de septiembre. Durante el ensayo se analizó, seis veces, el agua obteniéndose una conductividad media de  $0,69 \pm 0,14$  dSm<sup>-1</sup> y  $5,22 \pm 2,56$  mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Podemos afirmar que a pesar de ser un riego a manta, unos 50 L m<sup>-2</sup>, la cantidad de nitrógeno aportado fue de 1.18 mg L<sup>-1</sup>. Estos datos hacen estimar que con el riego se añadieron aproximadamente 5,5 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Características del suelo.** El suelo se clasificó como franco limoso con el siguiente análisis granulométrico: 30.15% de arena; 41.45 %, de limo; y 25.40% de arcilla. Esta textura implica buena capacidad de retención de agua y una elevada capacidad de intercambio catiónico. El pH fue 7.3, determinado en extracto de agua (1:2,5), lo que favorece la disponibilidad de nutrientes como el N, K, S, Ca y Mg. La materia orgánica fue de 2.05 %.

**Análisis nutricional.** Cada muestra se formaron recogiendo cuatro plantas, únicamente la parte aérea, de cada una de las tres repeticiones en que se dividió el ensayo. Las plantas se recolectaban con un volumen y altura similar a las que se les había realizado las determinaciones biométricas.

*Planta entera:* Las cuatro plantas se metían juntas en bolsas de malla, una vez lavadas con agua desionizada, se secaban en estufa a 45°C, hasta pesada constante. Una vez secas se procedió a su molienda, que se hizo en dos fases. En la primera las plantas se molieron enteras, con un molino TurboMag-B-Funcor, tomándose alícuotas de diferentes partes de esta primera molienda. Esta alícuota fue nuevamente molida con un equipo Frist Pulverifette-15, equipado con un tamiz de malla 1.

*Hoja de mazorca:* De cada bloque se tomaron, independientemente de la muestra anterior, hojas de la inserción de la mazorca de cuatro plantas, al inicio de la floración. Estas hojas se sometieron al mismo proceso de lavado, secado y molienda para el estudio nutricional del experimento. Las muestras, así obtenidas, se analizaron según los métodos propuestos por Pinta y De-Waele (1975) y la determinación del nitrógeno total se realizó mediante el método Dumas con un analizador elemental de CE Instruments modelo NA 2100.

## Resultados y Discusión

En la figura 1-A se representa la evolución de crecimiento medio y el número de hojas de las plantas de maíz, desde la fase de crecimiento, primer muestreo a los 17 días tras la siembra (DTS), hasta la fase de recolección, a los 135 DTS. Ambos parámetros incrementan desde la fase de crecimiento hasta la fase de la floración (66 DTS), representada por un símbolo lleno. En esta fase las plantas adquieren su máxima altura,  $200 \pm 10$  cm. y máximo número de hojas,  $4 \pm 1$ .

La evolución del peso fresco de la planta se ha representado en la figura 1-B, donde se puede observar un rápido incremento de peso hasta la plena floración a la que sigue otra fase, de unos 60 días, de un ligero incremento, a partir de la cual la planta comienza la fase de secado (Berzsenyi and Lap, 2005). El último riego se dio a los 100 DTS, sin apreciar con este riego incrementos significativos en el contenido de agua de la planta durante las siguientes tres semanas. A este periodo le sigue un rápido secado, hasta que el grano alcanza el grado de humedad previsto para su recolección (22%).

Para estudiar la situación nutricional del ensayo se tomaron hojas de la mazorca, por ser la más sensible a la nutrición, durante la floración. La concentración de los elementos analizados, datos no mostrados en la publicación, tanto de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) como de micronutrientes (Fe, Mn, Cu y Zn) se encuentran dentro del rango de suficiencia (Benton *et al.*, 1991 y Bergmann, 1992). Estos datos permiten afirmar que el estado nutricional del ensayo era adecuado y no detectaban problemas nutricionales.

En la figura 2 se muestra la evolución de la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio de la materia seca de la parte aérea de la planta. La concentración de fósforo, representado por una línea discontinua, prácticamente se mantiene constante durante el periodo de tiempo estudiado. Por el contrario, el nitrógeno y el potasio (líneas sólidas) al inicio tienen concentraciones muy altas que disminuyen progresivamente con el crecimiento de la planta, hasta los 100 DTS, fecha del último riego, que comienzan a estabilizarse. Estos datos, junto a los expuestos por Li *et al.* (2003), podrían interpretarse por una fuerte absorción del N y K durante las primeras fases de crecimiento y que se va diluyendo según crece la planta, sin embargo, el fósforo parece que se absorbe a lo largo del periodo de estudio y que podría estar relacionada con el papel que juega este elemento en la fecundación y el buen desarrollo del grano.

En la figura 3-A hemos representado la distribución de los elementos nutritivos que se aplican con el abonado, en distintos órganos de la planta en la recolección, a los 135 DTS. Las muestras de la parte aérea de las plantas fueron molidas con sus mazorcas, pero independientemente se procesaron muestras de mazorcas, unas con zuro y otras únicamente el grano. Como se puede observar, la cantidad de N es similar en la parte aérea de la planta que en el grano, disminuyendo en mazorcas con zuro, debido posiblemente a su composición celulósica. Las mayores concentraciones de P se producen en la

mazorca, entera o sus granos, sin observar diferencias significativas entre estos valores, debidas, posiblemente, al poco peso del zuro en las mazorcas. Esta acumulación de P puede ser debido al papel fisiológico de este elemento en la formación de las mazorcas. Por el contrario, el K está concentrado principalmente en las hojas y tallo de la planta. En la recolección del maíz únicamente se cosecha la mazorca o el grano dejando en el campo el resto de la planta, que se quemaba o bien se picaba y se enterraba en el suelo, para mejorar su contenido en materia orgánica.

En el gráfico 3-B se han representado las cantidades totales de nitrógeno, fósforo y potasio que se han aportado durante el abonado junto al nitrógeno del riego y las extraídas por la parte aérea de la planta, incluidas las mazorcas, pudiendo apreciar que aproximadamente solo se recupera el 50% del nitrógeno y fósforo aplicados y, sin embargo, el potasio de la parte aérea muestra valores muy superiores al aportado, consecuentemente la planta ha tenido que extraerlo del suelo. Estos datos indican una falta de potasio en el abonado que no se observo ni en los datos del análisis nutricional de la hoja de la mazorca ni en los síntomas visuales que ocasiona. La falta de este elemento, produce un amarillamiento y necrosis de los bordes de las hojas o también puede producir encamado (Llanos, 1984) por lo que suponemos que el suelo tenía que ser muy rico en este elemento. Como se puede observar según el gráfico, los kg de N y P son excesivos, circunstancia que puede indicar una sobrefertilización de estos dos elementos, que en el caso del nitrógeno puede ocasionar una contaminación atmosférica, por desnitrificación, o de las aguas por lixiviación de los nitratos.

### Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en las líneas del Grupo Consolidado de Investigación del Gobierno de Aragón "Alimentos de origen vegetal" y ha sido financiado por los proyectos de investigación del Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias AGL-2004-04305 y AGL2004-06776-C2-01. Los autores agradecen a D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Ángeles Gracia y a D<sup>a</sup> Asunción Costar su colaboración en los trabajos analíticos y de campo.

## Referencias

- Alves BJR, Zotarelli L, Fernandes FM, Heckler JC, de Macedo RAT, Boddey RM, Jantalia CP and Urquiaga S. 2006. Biological nitrogen fixation and nitrogen fertilizer on the nitrogen balance of soybean, maize and cotton. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 41 (3): 449-456.
- Balik J, Cerny J, Tlustos P and Zitkova M. 2003. Nitrogen balance and mineral nitrogen content in the soil in a long experiment with maize under different systems of N fertilization. *Plant and Soil Environment*, 49 (12): 554-559
- Benton J, Wolf B and Mills HA. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Georgia, USA.
- Bergmann, W. 1992. *Nutritional disorders in plants*. Ed. Gustav Fisher Verlag Jena. ISBN3-334-60422-5
- Berzsenyi Z and Lap DQ. 2005. Effect of sowing date, nitrogen fertilization and plant density on the dynamics of dry matter accumulation and yield formation of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Cereal Research Communications*, 33 (1): 85-88
- Echeverría H E and Studdert, G A. 2000. *Nutrición Vegetal y sistemas de labranza en maíz*. *Visión Rural* 39. (julio/agosto).
- Guerrero, A. 1992. *Maíz*. En: *Cultivos herbáceos extensivos*, 5ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-385-2.
- Legaz F and E. Primo-Millo. 1988. Normas para la fertilización de los agrios. *Serie ullets Divulgació* nº 5-88. *Conselleria d'Agricultura i Pesca*. Generalitat Valenciana, 29 pp.
- Li WX, Li L, Sun JH, Zhang FS and Christie P. 2003. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers and intercropping on uptake of nitrogen and phosphorus by wheat, maize, and faba bean. *Journal of Plant Nutrition*, 26 (3): 629-642.
- Llanos Company M. 1984. *El maíz, su cultivo y aprovechamiento*. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- Pinta M and DeWaele, G. 1975. Etalons végétaux pour l'analyse foliare. En, *Le controle de l'alimentation des plantes cultivées*. De. P. Kozma. *Akademiai Kiado*. Budapest, pp 159-172.
- Sango L, Ender M, Guidolin AF, de Almeida ML and Konflanz VA. 2001. Nitrogen fertilization impact on agronomic traits of maize hybrids released at different decades. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 36 (5): 757-764 MAY 2001
- Weinbaum SA, Johnson RS and Dejong TM. 1992. Causes and consequences of overfertilisation in orchards. *Horticultural Technology*. 2: 112-120.

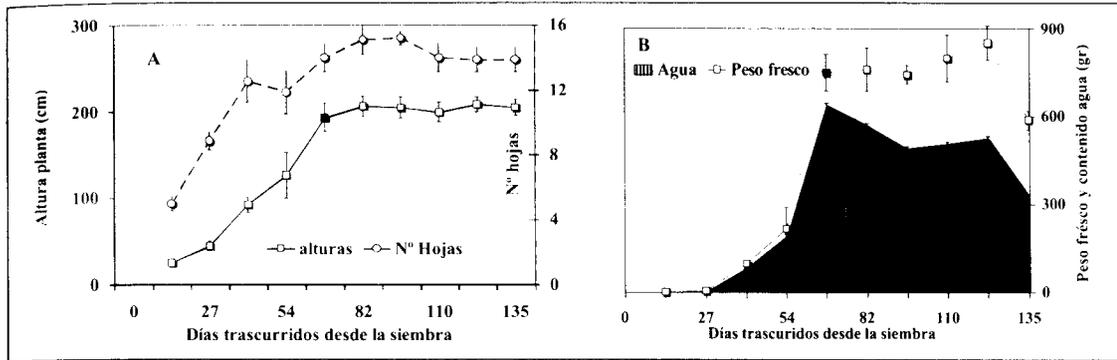


Figura 1. (A) Evolución de la altura, del número de hojas, (B) peso fresco y contenido en agua en plantas de maíz desde la fase de crecimiento hasta su recolección. El símbolo en negro representa la floración.

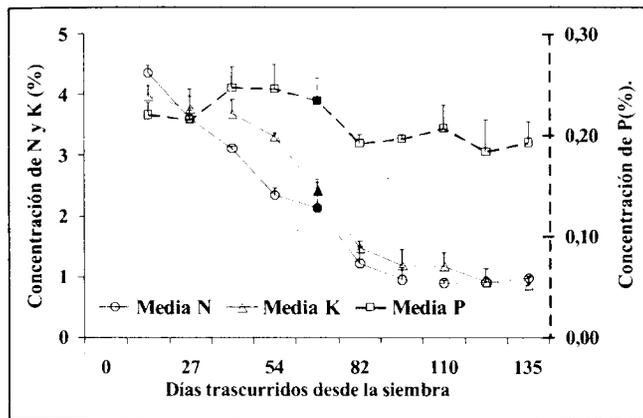


Figura 2. Evolución de la concentración de nitrógeno, potasio (líneas continuas) y fósforo (discontinua) en la parte aérea de planta de maíz desde la fase de crecimiento hasta la recolección. Los símbolos rellenos en negro indican a la floración.

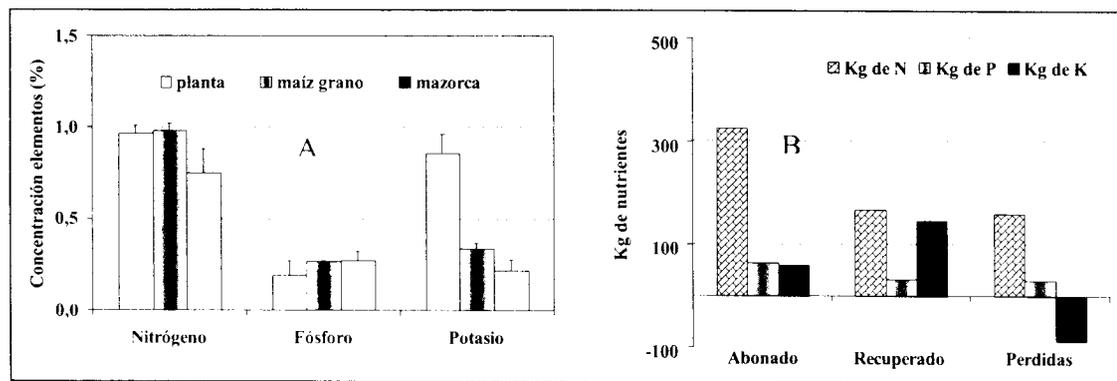


Figura 3. En la A se representa la distribución del N, P y K, a los 135 DTS, en la parte aérea de la planta, en grano y en la mazorca entera, con el zuro sin espatas. En la B están representados los Kg de N, P y K aplicados con el abonado, el recuperado por la parte aérea de plantas ( $ha^{-1}$ ) en la recolección y las correspondientes pérdidas de elementos.