

NECESIDADES DE NUTRIENTES, INFLUENCIA DEL TIPO DE SUELO, DEL TIPO DE RIEGO Y DEL FRACCIONAMIENTO DE LA DOSIS

Recomendaciones prácticas para la fertilización del maíz

A modo de resumen se podría indicar que las recomendaciones de abonado nitrogenado basadas únicamente en las extracciones de la planta son una guía de aportes máximos, ya que es necesario considerar otros factores como el ti-

po de riego y el cultivo precedente, los cuales ayudan a ajustar las dosis de N más apropiadas. En este artículo se analiza cada uno de estos parámetros de forma que sirva como guía práctica de fertilización de maíz para grano.

Lloveras¹, J., Cela¹, S., Berenguer¹, P., Biau¹, A., Santiveri¹, F., Guillén² M., Quilez², D. y Isla², R.

¹ Centro Universitat de Lleida-IRTA. Universitat de Lleida.

² Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Gobierno de Aragón.

El maíz es uno de los cereales más extendidos del mundo con unos 158 millones de ha, de los cuales 13,8 millones están en Europa (Faostat, 2009). En España ocupa sólo unas 350.000 ha (MARM, 2010) pero es uno de los cultivos herbáceos que proporciona mayor margen bruto en las zonas de regadío.

El maíz es un cultivo de verano, época en la que en muchas zonas de España no llueve, con unas necesidades hídricas de unos 600 mm por lo que, exceptuando algunas áreas de la Cornisa Cantábrica (Galicia, Asturias, etc.) y al-

guna comarca de la provincia de Girona, se siembra mayoritariamente en regadío.

El crecimiento del maíz tiene lugar durante el verano, con altos niveles de radiación solar y con disponibilidad de agua en regadío. Este hecho, junto al papel que ha tenido la mejora vegetal, bien convencional bien biotecnológica, en el desarrollo de híbridos de elevado potencial de rendimiento, contribuyen a la obtención de elevadas producciones. A modo de ejemplo, en el Valle del Ebro, las producciones de maíz pueden variar de unos 10.000 kg/ha en algunas zonas a los 20.000 kg/ha obtenidos por buenos productores en óptimas condiciones de suelo y de manejo del cultivo.

Se observa pues, una gran variación de producción entre agricultores de la misma área y, por ello, no puede existir una única recomendación de abonado, sino que las recomendaciones o las indicaciones varían en función de

un conjunto de factores, entre los que podemos destacar el tipo de riego, el cultivo precedente, el tipo de suelo, el manejo de los residuos, etc.

Otro aspecto a considerar es que la fertilización del maíz es una de las pocas técnicas de cultivo en la que existe, en general, margen para reducir los costes, ya que el abonado supone alrededor del 30% de los gastos del cultivo. Sin embargo, cabe recordar que debido a su alta tasa de crecimiento, cualquier déficit nutricional puede suponer una disminución en la producción.

Necesidades de nutrientes

Para que el desarrollo del cultivo sea óptimo hace falta que tenga disponible los elementos nutritivos que necesite a lo largo de su ciclo y, para ello, es necesario saber cuáles son estos



Foto 1. Maíz regado a manta en el término de Almacerles.



Foto 2. Hoja de maíz con un claro síntoma de carencia de N.

elementos y en qué cantidades son necesarios.

A modo de orientación, las extracciones medias del maíz y su reparto entre las distintas partes de la planta se presentan en los **cuadros I y II**. En la bibliografía existen diversas tablas de este tipo (Betrán, 2010), pero los resultados que aquí se presentan son fruto de muchas observaciones obtenidas en el Valle del Ebro (Boixadera *et al.*, 2005).

Estas cantidades se reparten aproximadamente del modo presentado en el **cuadro II**.

Las extracciones de N que aquí se presentan son bastante similares a las obtenidas en ensayos realizados en Aragón por Isla y Quílez (2011), que indican unas extracciones totales en torno a 23 kg N por tonelada de grano al 14%.

Analizando los **cuadros I y II** se observa que para producir unos 13.000 kg/ha de grano de maíz (producciones medias habituales en muchas zonas del Valle del Ebro) se necesitan aproximadamente: 300 kg N/ha; 57 kg P/ha (130 kg P₂O₅/ha) y 232 kg K/ha (280 kg K₂O/ha). Mientras que si se incorporan al suelo los residuos de cosecha las cantidades necesarias para el cultivo siguiente se reducen a: 200 kg N/ha; 40 kg P/ha y 91 kg K/ha.

Sin embargo, las cantidades de nutrientes que se acaban de comentar pueden variar mucho dependiendo de si las producciones se reducen a 10.000 kg/ha o alcanzan las 20.000 kg/ha. Por ello, una vez más creemos que no pueden darse unas únicas recomendaciones de abonado, especialmente en lo relativo al nitrógeno debido a su dinámica en el suelo y a que éstas dependen de un conjunto de factores que afectan al rendimiento y que, como se ha comentado anteriormente, son: tipo de riego, fer-

CUADRO I.

Extracciones orientativas (planta + grano) por tonelada de grano (14% de humedad). (Boixadera *et al.*, 2005).

Elemento	Extracciones medias (kg/1.000 kg grano)	Rango
Nitrógeno (N)	23	22 - 27
Fósforo (P)	4,4	3,9 - 4,9
Potasio (K)	18,4	16,6 - 21

CUADRO II.

Reparto aproximado de los nutrientes en las distintas partes de la planta. (Boixadera *et al.*, 2005).

Nutriente	Grano (%)		Resto de cosecha (%)
	Intervalo	Valores medios	
Nitrógeno (N)	50 - 80	65	35
Fósforo (P)	60 - 80	70	30
Potasio (K)	25 - 45	40	60

tilidad del suelo, manejo de los residuos, cultivo precedente, zona de cultivo, etc.

Ensayos llevados a cabo en Lleida en monocultivo de maíz en riego por aspersión mues-

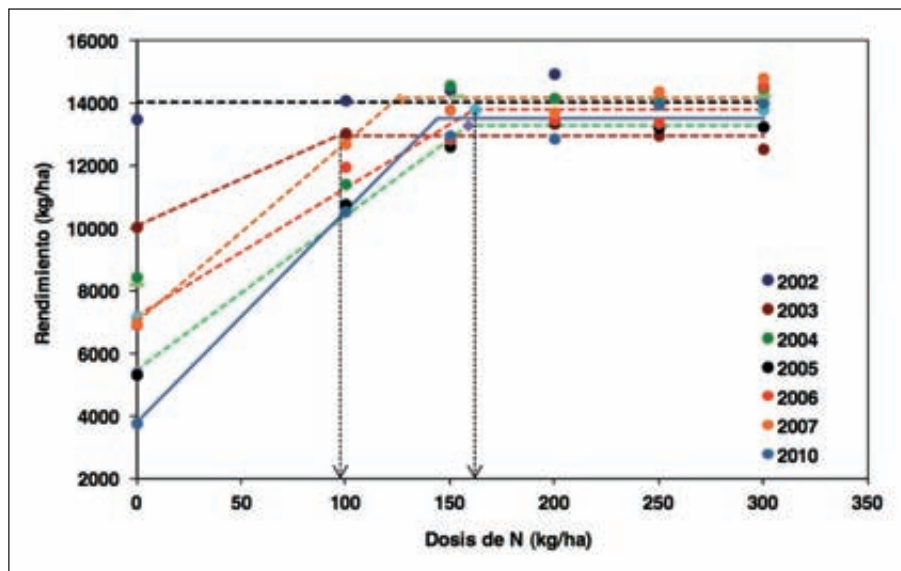
Ensayos llevados a cabo en Lleida en monocultivo de maíz en riego por aspersión muestran que en ningún año las dosis de N que produjeron los rendimientos más elevados superaron los 200-250 kg N/ha

tran que en ningún año las dosis de N que produjeron los rendimientos más elevados superaron los 200-250 kg N/ha y que, algún año, las dosis fueron inferiores a los 100 kg N/ha (**figura 1**) (en riego por inundación las cantidades serían seguramente sensiblemente mayores) (Berenguer *et al.*, 2009).

La pregunta que hacen frecuentemente los agricultores al ver estos resultados, –que muchos no se creen–, es dónde está el truco, cuando las encuestas en el Valle del Ebro muestran que las aplicaciones más habituales superan los 300-350 kg N/ha (Sisquella *et al.*, 2004). La respuesta, una vez más, no es única y depende de un conjunto de factores que se irán desgranando a lo largo de este artículo y son principalmente: contenido inicial de N en el suelo, tipo de riego, fraccionamiento de abonado y cultivo precedente, entre otros.

FIGURA 1.

Curvas de respuesta del cultivo de maíz a la fertilización nitrogenada, en riego por aspersión. Lleida 2002-2010.



En este artículo no se han considerado los micronutrientes como Zn, S, Mg, etc., ya que se suele asumir que los suelos están suficientemente provistos. Sin embargo, algunos trabajos realizados en el área señalan que, en algunos casos, se observa respuesta positiva a las aplicaciones de Zn (Fertiberia, comunicación personal).

Análisis de suelo

En el apartado anterior se ha comentado que para obtener las producciones indicadas el cultivo necesita los nutrientes en unas cantidades determinadas. Los nutrientes necesarios pueden venir o bien del suelo o bien a través del abonado. Por ello, antes de dar recomendacio-

nes de abonado es preciso saber las disponibilidades de nutrientes del suelo y, por lo tanto, sus posibles aportaciones. Así pues, es necesario disponer del análisis de suelo como elemento básico de guía de la fertilización.

Nitrógeno

El análisis de N del suelo, consiste en calcular su disponibilidad bien antes de la siembra o bien cuando el maíz está en 2-5 hojas, antes del abonado de cobertera. Según el N disponible se calcularán las dosis de N necesarias para aplicar con el abonado.

Este N del suelo, básicamente en forma de nitratos, se sumará al N procedente del fertilizante para obtener el denominado N disponible.

CUADRO III.

Cantidades orientativas de N disponible en el suelo (suma del N en el suelo y del N de la fertilización) en los 30 primeros cm del suelo, necesarias para obtener las máximas producciones en kg N/ha y en ppm. Resumen de 24 campos de ensayo (resultados no publicados).

Cultivo precedente	Tipo de riego	N disponible mínimo para alcanzar las máximas producciones	
		N en el suelo antes de la siembra + fertilización nitrogenada [kg/ha (ppm)]	N en el suelo antes del abonado de cobertera (V3-V5) + fertilización nitrogenada [kg/ha (ppm)]
Maíz o trigo	Aspersión	178 (42)	208 (52)
	Inundación	300 (70)	345 (86)
Alfalfa	Aspersión	100 (25)	100 (25)
	Inundación	230 (55)	267 (67)

Observaciones de veinticuatro ensayos en el Valle del Ebro en distintas condiciones proporcionan las siguientes indicaciones (**cuadro III**) (Cela, *et al.*, resultados no publicados).

Tal y como se aprecia en el **cuadro III**, es posible que algunos de los valores de N disponible para alcanzar rendimientos máximos en maíz puedan parecer bajos, pero hay que considerar que a lo largo del ciclo de cultivo el suelo va mineralizando y liberando N que queda disponible. Además, los valores pueden ser diferentes dependiendo del momento en que se muestrea el suelo para conocer el contenido de N. En general, el N disponible en el suelo para alcanzar el rendimiento máximo es más elevado cuando se tiene en cuenta el N en el suelo en V3-V5. Esto es debido, muy probablemente, a que en este momento ya ha habido aportes adicionales de nitrógeno procedentes de la mineralización de la materia orgánica del suelo.

Los valores del **cuadro III** consideran dos de los factores más importantes relacionados con las necesidades de N, como son: el tipo de riego y el cultivo precedente. En el riego por aspersión el uso del N es mucho más eficiente que en el riego a manta. Este último tipo de riego utiliza en cada episodio de riego elevadas cantidades de agua, con el consiguiente lavado de N, mientras que en el riego por aspersión, al ser las dosis de agua empleadas en cada riego y en total a lo largo de la campaña más bajas, el lavado de N es mucho menor (Isla y Quílez, 2011).

En el caso del Valle del Ebro se ha observado que el maíz que sigue a la alfalfa necesita menos abonado nitrogenado que el maíz que sigue al maíz (Cela *et al.*, 2011). Ensayos realizados en esta zona muestran que, en algunas parcelas, la combinación de sistemas de aspersión y alfalfa como precedente permite obtener producciones de hasta 16 t/ha sin aplicación de fertilizante N. Sin embargo, en el caso de maíz detrás de alfalfa en riego a manta una parte muy importante del N se lava por el riego.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros ensayos realizados en Aragón y en Cataluña. En ellos se ha observado que el mínimo de nitrógeno disponible (N en el suelo + N fertilizante) necesario para alcanzar las máximas producciones de maíz (13-15 t/ha) es de unos 250 kg N/ha (Berenguer *et al.*, 2009; Isla y Quílez, 2011), de los cuales, como se ha venido repitiendo, una parte procede del N del suelo y otra parte se aporta con el fertilizante nitrogenado.



Foto 3. Aplicación de purines al suelo como abonado nitrogenado para el cultivo del maíz.

A modo de resumen se podría indicar que, las recomendaciones de abonado nitrogenado basadas únicamente en las extracciones de la planta, son una guía de aportes máximos, ya que es necesario considerar otros factores como el tipo de riego y el cultivo precedente, los

cuales ayudan a ajustar las dosis de N más apropiadas.

Fósforo y potasio

Estos dos nutrientes han sido poco estudiados en el maíz y en este artículo se presen-

tan los resultados y las recomendaciones presentadas por Boixadera *et al.*, (2005), que recomiendan realizar análisis de suelo cada cuatro o cinco años en los primeros 20-30 cm de suelo, para saber los niveles actuales, poder hacer una recomendación y llevar a cabo el seguimiento (**cuadro IV**).

Para la fertilización potásica se puede emplear el **cuadro V**.

Abonado de fondo y de cobertera

Las necesidades de P y K, al ser estos elementos relativamente poco móviles en el suelo, se aplican en fondo.

En cuanto al N, deberíamos tener presentes las curvas de absorción y la necesidad de tener disponibles los nutrientes a lo largo del ciclo (alrededor del 70% del total de N se extrae antes de la floración).

Si se tiene en cuenta el gran efecto del lavado de N debido al tipo de riego comentado en el apartado anterior, este elemento debería

Mas 58.M Verás crecer tu cosecha

- ✓ Altos rendimientos con baja humedad.
- ✓ Mazorcas homogéneas y regulares.
- ✓ Floración precoz.
- ✓ Secado rápido de grano.
- ✓ Equilibrio de planta y sanidad.

Ciclo 700
de secado rápido

 **MAISADOUR**
semences
www.maisadour-semences.com/es



Fotos 4 y 5. Vista de los ensayos realizados con distintas dosis de abonado.

aplicarse en las zonas de regadío casi únicamente en cobertera, y mejor en dos coberteras. Otra cosa es su posible aplicación práctica o la comodidad del productor. En las zonas en que el maíz no se riega, se suele recomendar aplicar la tercera parte o la mitad del N en fondo.

Recientemente se están comercializando en cultivos extensivos abonos de liberación controlada o con inhibidores de la nitrificación, que supuestamente permitirían una única aplicación de todo fertilizante, con la consiguiente ventaja que esto conlleva. Sin embargo, existen

pocos trabajos publicados en nuestras condiciones e independientes que permitan avalar dicha práctica sin un control adicional del N disponible por el cultivo (Cela, *et al.*, 2008).

Empleo de abonos orgánicos: purines

Ensayos llevados a cabo en el Valle del Ebro muestran que es posible obtener 15.000 kg/ha de maíz empleando únicamente abonos orgánicos (Berenguer, *et al.*, 2008; Yagüe y Quilez, 2010).

Uno de los problemas en el caso de la aplicación de purines en el maíz, es que éstos deben aplicarse en fondo y que en muchos casos las cantidades a aplicar, para alcanzar las máximas producciones superan los 170 kg N/ha que se permiten en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos. En el caso del empleo de los purines hay que tener presente que, aunque se intente hacer una aplicación modélica, se puede perder por volatilización al menos un 15% del N aplicado (Piñol, 2007).

Sin embargo, una estrategia a utilizar en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos es combinar la aplicación de purines en fondo a dosis permitidas por la legislación con el uso de abono nitrogenado mineral en cobertera. En estudios realizados en el Valle del Ebro se han obtenido producciones máximas de maíz usando dosis permitidas de purín en fondo junto a 100 kg/ha de N mineral en V6 (Berenguer *et al.*, 2008).

Herramientas de ajuste para el nitrógeno

Tal como se ha comentado en apartados anteriores, existe una gran variabilidad de la respuesta al fertilizante nitrogenado en el maíz dependiendo de diversos factores. Por ello, parece oportuno ajustar las dosis para cada parcela y para cada ciclo de cultivo utilizando lo que se denominan herramientas de decisión o de ajuste (Isla y Quilez, 2011).

Entre las herramientas de ajuste está la ya comentada de medir la concentración de nitrato de la capa superficial (0-30 cm) que propor-

CUADRO IV.

Interpretación de los contenidos de fósforo en el suelo adaptado al maíz. (Boixadera *et al.*, 2005).

Contenido en fósforo (P Olsen, ppm)	Interpretación	Recomendación P ₂ O ₅ (kg/ha)*
< 6	Muy bajo	150
6 - 12	Bajo	125
12 - 25	Medio	80
25 - 35	Alto	40
> 40	Muy alto	0

* En suelos con niveles altos de P, no hace falta añadir P si se entierran los restos de cosecha.

CUADRO V.

Interpretación de los contenidos de potasio en el suelo adaptado al maíz* (Boixadera *et al.*, 2005).

Contenido de potasio (Acetato amónico)	Interpretación	Recomendación K ₂ O (kg/ha)**	Recomendación K ₂ O (kg/ha)***
<80	Muy bajo	225	200
80 - 125	Bajo	200	150
125 - 175	Medio	175	100
175 - 300	Alto	100	50
> 300	Muy alto	0	0

* En suelos con niveles altos de K, no hace falta añadir K si se entierran los restos de cosecha. ** Si se exportan los restos de cosecha. *** Si se incorporan los restos de cosecha.



Foto 6 (izda.). Parcela de maíz en sus primeros estadios de crecimiento. Foto 7 (derecha). Vista de las plantas de maíz de los ensayos días antes de la recolección.

ciona una idea estática pero válida del N mineral disponible antes de la siembra. Conocidas las extracciones previstas y asumiendo un buen manejo del riego aplicando las dosis en función de las necesidades hídricas reales, el contenido de N al inicio del cultivo puede ayudar a indicar la cantidad adicional de N que es necesario aplicar en la fertilización, aunque no es fácil obtener la dosis óptima de una manera exacta.

Dado que el cultivo del maíz responde de una forma relativamente rápida a la falta de nitrógeno, otra herramienta alternativa a los análisis de suelo es emplear equipos que miden de forma indirecta la cantidad de clorofila de las hojas. La forma recomendada para utilizar dichos equipos consiste en:

- Disponer de bandas sobrefertilizadas; esto es, establecer una pequeña zona de la parcela con una dosis de N claramente por encima

de las necesidades (unos 300 kg N/ha). Esta sobrefertilización puede hacerse en presiembra en una zona representativa de la parcela.

- Aplicar unas dosis de N bajas antes de la siembra y conservadoras en la primera cobertura (estado de 6 hojas, maíz con unos 50 cm de altura).

- Cuando el maíz está con unas 15-16 hojas desarrolladas (altura del hombro, aproximadamente), se hacen medidas con dicho equipo en la hoja de la mazorca principal o en la última hoja completamente expandida. Las medidas se realizan en la zona sobrefertilizada y en el resto de la parcela, midiendo en al menos 30 plantas en cada área. Si la lectura media de la parcela es superior al 95% del valor obtenido en la parcela sobrefertilizada, no se aplica más nitrógeno. Si por el contrario el valor es inferior al 95%, debe aplicarse una cantidad adicional

de N, que no debería ser superior a unos 100 kg N/ha, debido a que una parte importante de las necesidades ya han sido cubiertas.

Aunque la medida con equipos de clorofila es más sencilla y supone menos esfuerzo que tomar una muestra representativa del suelo, también presenta el inconveniente de no proporcionar por sí misma la cantidad de N mineral que hay que aplicar a las parcelas consideradas deficitarias. Asimismo, si inicialmente los niveles de N mineral del suelo son bajos, no se debería esperar a fases avanzadas para realizar las lecturas, ya que el daño de deficiencias severas sobre la producción final no es recuperable aunque se hagan aportaciones importantes de N posteriormente.

A continuación se presentan algunos resultados que se han obtenido en dos ensayos realizados en el Valle Medio del Ebro y en riego



Fotos 8 y 9. Recolección de las parcelas de ensayo.

por aspersión, al comparar herramientas para el ajuste del fertilizante nitrogenado en suelos con distinto nitrógeno disponible antes de la siembra. Aunque no se presentan los datos de producción, en ambos ensayos se observó una respuesta positiva a la aplicación de fertilizante en condiciones de N inicial bajo o medio, ya que el tratamiento sin fertilizante provocó producciones muy bajas en algunos casos (3,3 t/ha en Montañana). Sin embargo, en situaciones con un N inicial elevado (puede darse después de alfalfa o después de aplicaciones continuadas de fertilizantes orgánicos) el tratamiento T0 (sin fertilizante nitrogenado) no difiere en producción de grano de los otros tratamientos en que se que se aplicó N.

En el ensayo en Montañana (2010) se observó que la utilización de herramientas de decisión (análisis de suelo o uso del SPAD), permitió reducir la dosis de N en relación a la dosis "reducida", únicamente cuando el N inicial en el suelo era muy alto. Sin embargo, en el ensayo de Almudévar en las tres situaciones de N inicial en el suelo, el uso de herramientas de decisión permitió disminuir la dosis de fertilizante con respecto a la dosis fija y ya reducida de fertilizante nitrogenado (figura 2).

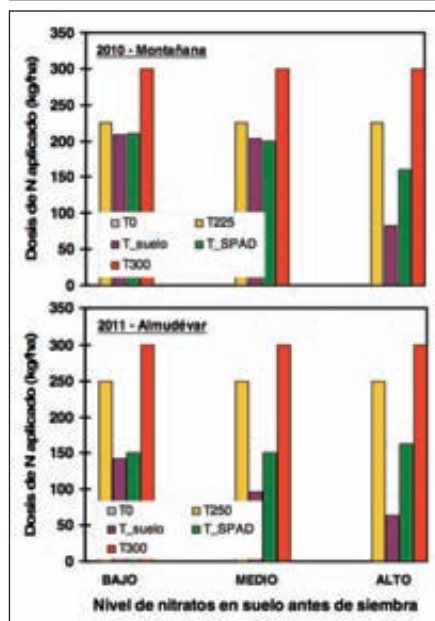
Los resultados presentados indican que es posible reducir las dosis comúnmente utilizadas por los productores con dosis más reducidas.

En algunas situaciones de alta disponibilidad puede no ser necesario el uso de fertilizantes nitrogenados, si bien es preciso estar seguro de ello mediante las herramientas de decisión. También es posible afinar mejor la dosis necesaria utilizando herramientas de decisión como un análisis de nitratos del suelo (0 a 30 o 0 a 60 cm) antes de la siembra del maíz o bien un equipo de medición del verdor (Minolta SPAD 502 o Yara N-Tester, dependiendo del fabricante), si bien con estos últimos equipos es preciso disponer, como se ha comentado, de una zona de la parcela donde se aplique una cantidad que garantice la suficiencia de nitrógeno y con la que comparar las lecturas realizadas en el resto de la parcela.

Es preciso señalar que las herramientas de decisión utilizadas deben ser refinadas y ajustadas, ya que en algunas situaciones se observan producciones algo menores (aunque no significativamente desde el punto de vista estadístico) que las obtenidas con dosis fijas bien ajustadas para la parcela. En el caso del análisis del suelo es preciso realizar una estimación

FIGURA 2.

Dosis media de fertilizante nitrogenado aplicado en los distintos tratamientos en dos ensayos de campo (Montañana y Almudévar) en Aragón utilizando distintas estrategias de decisión de manejo del fertilizante nitrogenado y con distintos niveles de N mineral en el suelo antes de la siembra.



de la producción esperada y del nitrógeno que se va a mineralizar, lo cual añade incertidumbre a dicho método.

Recomendaciones finales

No hay una recomendación única de abonado, especialmente en lo referente al nitrógeno, ya que las dosis a aplicar dependen de un conjunto de factores entre los que destacan el sistema de riego, el cultivo precedente, tipo de suelo, climatología de la zona, manejo de los residuos, etc.

Sin embargo, en sistemas de riego por aspersión y con un buen manejo del riego, donde las producciones oscilan entre los 12.000 y los 15.000 kg/ha, unos 250 kg de N disponible (N suelo + N fertilizante) suelen ser suficientes.

En las zonas de regadío el nitrógeno debería aplicarse casi únicamente en cobertera, mejor en dos aportaciones, para reducir las pérdidas por lavado y mejorar su eficiencia.

Las herramientas de ajuste pueden ayudar a adecuar las dosis necesarias y con ello mejorar el beneficio económico y reducir el lavado de nitratos y su efecto nocivo sobre el medio ambiente.

Los precios relativamente altos del maíz en las dos últimas temporadas pueden haber motivado que muchos productores apliquen cantidades excesivas de fertilizante por aquello de "más vale que sobre que no que falte", lo que ha conducido a una disminución del margen bruto por hectárea y a unas pérdidas de nitratos con efecto potencialmente contaminante. Los fertilizantes, en muchos casos son una herramienta imprescindible para obtener buenas producciones, pero cabe recordar que el uso no razonado afecta a la rentabilidad del cultivo ya que supone en muchos casos más del 30% de los costes de producción. ●

Agradecimientos

Muchos de los resultados presentados en este artículo han sido obtenidos gracias a los proyectos de investigación financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación, proyectos: AGL2001-2214, AGL2005-0820 y AGL2009-12897 y el INIA SC-00-061.

Bibliografía ▼

- Betrán, J. 2010. El abonado de los cereales de primavera: Maíz. En García-Serrano, P., Delgado, Y., Ruano, S., Lloveras, J., Urbano, P., Pérez, M., Ortiz, J., Rodríguez, B.M.^a (Coordinadores). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- Berenguer, P., Santiveri, F., Boixadera, J., Lloveras, J. 2008. Fertilisation of Irrigated Maize with Pig Slurry combined with Mineral Nitrogen. *European Journal of Agronomy* 28: 635-645.
- Berenguer, P., Santiveri, F., Boixadera, J., Lloveras, J. 2009. Nitrogen Fertilisation of Irrigated Maize under Mediterranean Conditions. *European Journal of Agronomy* 30: 163-171.
- Boixadera, J., Villar, J.M.^a, Lloveras, J., Aran, M., Villar, P., Domingo, F., Bosch, A., Teixidor, N., Serra, J. 2005. La fertilización del maíz. Dossier Técnico No 1. El cultivo del panis, nous avenços. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya. pp 7-9
- Cela, S., Berenguer, P., Santiveri, F., Ballesta, A., Lloveras, J. 2008. Ensayo comparativo de distintas fuentes de nitrógeno en un cultivo de maíz en regadío. *Vida Rural*, 274:58-62
- Cela, S., Salmeron, M., Isla, R., Cervero, J., Santiveri, F., J. Lloveras, J. 2011. Reduced nitrogen fertilization to corn following alfalfa in an irrigated semiarid environment. *Agronomy Journal* 103: 520-528.
- Faostat. 2009. <http://faostat.fao.org>.
- Isla, R., Quilez, D. 2011. Fertilización del maíz en riego por aspersión. II Jornada Técnica "Gestión eficaz del riego por aspersión. Últimos avances técnicos y medioambientales". Monográfico Riegos del Alto Aragón. Junio 2011.
- MARM. 2010. Anuario Estadístico de España. Madrid.
- Piñol, J. 2007. Pérdidas de amoníaco en ensayos de fertilización en maíz. Proyecto final de carrera. Universitat de Lleida.
- Sisquella, M., Lloveras, J., Alvaro, J., Santiveri, P., Cantero, C. 2004. Técnicas de cultivo para la producción de maíz, trigo y alfalfa en regadíos del valle del Ebro. Proyecto TRAMA-LIFE. ISBN: 84-688-7860-X. pp. 105.
- Yagüe, M.R., Quilez, D. 2010. Response of maize yield, nitrate leaching, and soil nitrogen to pig slurry combined with mineral nitrogen. *J. Environmental Quality*. 39:686-696.