



La aplicación en bandas del purín es una buena técnica para incrementar la eficiencia en el uso del N en praderas

Mejora de la eficiencia de la fertilización nitrogenada en los cultivos forrajeros

Describimos el comportamiento del nitrógeno en el suelo y abordamos una serie de buenas prácticas agrarias para hacer una correcta aplicación de los fertilizantes nitrogenados en los cultivos forrajeros, entre ellos el maíz.

M.I. García Pomar, D. Báez Bernal, C. Gilsanz Rey, V. García Souto
Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM-Ingacal)

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es uno de los elementos minerales principales en la fertilización, junto con el fósforo y el potasio. Es extraído por los cultivos en cantidades importantes y es el motor de crecimiento de la planta, jugando un papel fundamental en el desarrollo y rendimiento de los cultivos al originar mayor producción de clorofila, con el subsiguiente incremento de la superficie foliar y de la actividad fotosintética. Forma parte

de los aminoácidos y de las proteínas, afectando de una manera directa al contenido proteico del forraje, e incrementa la digestibilidad al reducir el contenido en fibras.

El nitrógeno está en el suelo en su mayor parte en forma orgánica. Las formas orgánicas, las cuales no están directamente disponibles para el cultivo, se mineralizan pasando a formas nítricas (NO_3^-) y amoniacales (NH_4^+), que son las que el cultivo puede absorber.

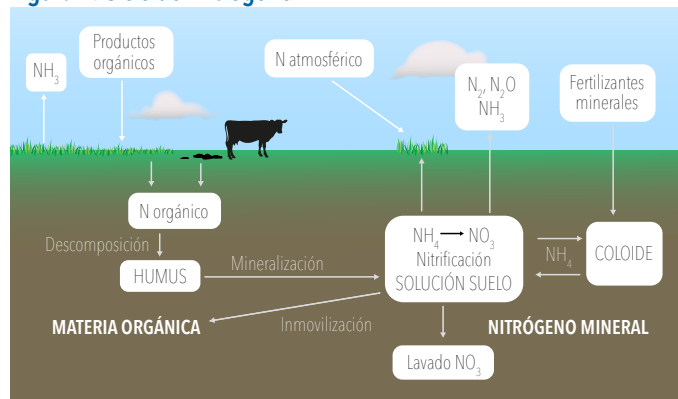
Al contrario de lo que pasa con el fósforo y el potasio, la fertilización nitrogenada no tiene un efecto acumulativo en el suelo a lo largo de los años; por lo tanto, la fertilización nitrogenada debe aportar las extracciones que realiza la cosecha y las posibles pérdidas: lixiviación de nitratos (NO_3^-), volatilización del amoníaco (NH_3) hacia la atmósfera, que puede ser importante en el caso de fertilizar con fertilizantes ureicos y/o con purines (García *et al.*, 2010), y las pérdidas por emisiones de óxido nitroso (N_2O) [desnitrificación, figura 1]. Estas pérdidas son de difícil cuantificación, pues dependen mucho de las condiciones edafoclimáticas y del manejo.

El aporte de N necesario para satisfacer las extracciones que realiza la cosecha podrá ser más eficiente si disminuimos las pérdidas al medio con la realización de buenas prácticas agrarias: aplicación de los fertilizantes en las condiciones más idóneas (climatología y localización), aplicación fraccionada a lo largo del tiempo, como es una aplicación de fondo más una aplicación de cobertura, lo que permite ajustar el nitrógeno aplicado a las necesidades de las plantas en los distintos periodos de crecimiento, y aplicación de fertilizantes de liberación lenta o fertilizantes con inhibidores de la nitrificación que también ponen los nutrientes de manera progresiva a disposición del cultivo desde su aplicación.

También se pueden realizar prácticas que permitan disminuir el nitrógeno aportado, como son incorporar leguminosas a las rotaciones, conocer el nitrógeno mineral presente en el suelo al inicio del cultivo si lo aportamos en exceso en el cultivo precedente y posteriormente no hubo episodios importantes de lluvia, conocer la mineralización de la materia orgánica, etc. Tampoco debemos olvidar lo básico: realizar un encalado cuando sea necesario y conocer la riqueza en nitrógeno del fertilizante para poder calcular bien las dosis.

► EL APOORTE DE N NECESARIO PARA SATISFACER LAS EXTRACCIONES QUE REALIZA LA COSECHA PODRÁ SER MÁS EFICIENTE SI DISMINUIMOS LAS PÉRDIDAS AL MEDIO CON LA REALIZACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS

Figura 1. Ciclo del nitrógeno



Agropal, 2017

ENCALAR

La acidez del suelo tiene una acción negativa sobre la disponibilidad del nitrógeno por los cultivos –siendo las condiciones óptimas de un suelo un pH entre 6 y 7 (Truog, 1953)–, así como un efecto depresivo sobre la actividad de los microorganismos del suelo: se frenan procesos que regulan su fertilidad, como son los de mineralización de la materia orgánica, la fijación biológica del nitrógeno atmosférico por las leguminosas... (Urbano, 1992).

El parámetro que debemos conocer a la hora de encalar es el porcentaje de saturación de aluminio (% Al) en el complejo de cambio, que está muy relacionada con el pH del suelo.

El porcentaje de saturación de aluminio puede venir en los análisis de suelo o se puede calcular a partir de los cationes del complejo de cambio: aluminio o acidez de cambio, calcio, magnesio, potasio y sodio, que pueden aparecer expresados como meq/100 g o cmol/kg, siendo:

$$\% \text{ Al} = (\text{Al} \cdot 100) / (\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na})$$

En la tabla 1 se muestran las dosis de encalante, caliza u óxido de calcio con un 100 % de riqueza, recomendadas para corregir la acidez del suelo para los cultivos forrajeros en Galicia (Mombiela y Mateo, 1984; Piñeiro *et al.*, 2009; García *et al.*, 2014a). ►►

¡Abre bien los ojos!



No todos los fertilizantes nitrogenados son iguales.

Numerosos estudios de I+D han demostrado que la menor pérdida de nitrógeno se consigue con la aportación de un **equilibrio perfecto** en **nitrógeno** y **magnesio** lo que se traduce en mayor proteína y cantidad de forraje.

Fertimón ha conseguido con **NITROFERTIMÓN**, ese equilibrio a un nivel que no aporta ningún otro fertilizante.



GRUPO
soaga

Parque Empresarial Vilanova I
36614 Baion - Vilanova de Arousa (Pontevedra)
Tf. 986 51 60 30 - soaga@soaga.com
www.soaga.com

Tabla 1. Acidez y dosis recomendadas de encalante

Nivel	% aluminio	kg/ha caliza (CO ₃ Ca)	kg/ha de óxido de calcio (OCa)
Muy ácido	>= 60	4.500	2.500
Ácido medio	41-60	3.500	2.000
	21-40	2.100	1.200
Poco ácido	10-20	1.400	800
	5-10	700	400
Óptimo	0	0	0

Conocer las necesidades de encalado es muy importante, ya que los fertilizantes nitrogenados no serán bien aprovechados por los cultivos si no se corrige la acidez del suelo.

CONOCER LA RIQUEZA EN NITRÓGENO DE LOS FERTILIZANTES MINERALES Y DEL PURÍN

La riqueza de los fertilizantes nitrogenados simples viene dada por el porcentaje de riqueza. La riqueza en N de los fertilizantes complejos o compuestos viene dada por la primera cifra de las tres que forman la fórmula fertilizante, indicándonos los kg de N que hay en 100 kg de fertilizante.

Respecto a la riqueza en nitrógeno del purín, se pueden coger los valores medios del contenido de nitrógeno de un número elevado de muestras de purín. El valor medio del contenido en nitrógeno del purín de vacuno de leche, obtenido a partir de 218 muestras analizadas en los últimos años en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, fue de 3,02 kg de N/1.000 kg de purín (García *et al.*, 2010). No obstante, cuando hay que fertilizar con purín lo mejor es caracterizarlo en cada explotación en los momentos de su aplicación, pues el contenido en nutrientes del purín presenta variabilidad de unas explotaciones a otras (Castro, 2000) y una variabilidad estacional dentro de una misma explotación (Aceá *et al.*, 1990).

► EL PARÁMETRO QUE DEBEMOS CONOCER A LA HORA DE ENCARAR ES EL PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE ALUMINIO EN EL COMPLEJO DE CAMBIO, QUE ESTÁ MUY RELACIONADO CON EL PH DEL SUELO

Tabla 2. Estimación del contenido en nitrógeno (kg/m³) del silo

Tipo de xurro	Ecuación	Coefficiente de determinación
Ecuaciones de regresión simple		
Purín de vacuno	N= 5,01D-2,65	0,47***
Purín de vacuno	N= 1,31CE _{dil} +0,63	0,57***
Purín de porcino	N= 109,91D-108,47	0,85***
Purín de porcino	N= 1,57CE _{dil} +0,44	0,60***
Ecuaciones de regresión múltiple		
Purín de vacuno	1,03CE _{dil} +4,12D-3,38	0,81***
Purín de porcino	0,74CE _{dil} +81,66D-81,22	0,94***

N: contenido en N (kg/m³); D: densidad (kg/l); CE_{dil}: conductividad eléctrica diluida 1:10 (mS/cm)

*** P<0,001

La caracterización mediante análisis de la composición química para conocer el contenido en nitrógeno puede hacerse mediante un análisis en laboratorio o mediante una estimación a partir de medidas indirectas. Las medidas indirectas presentan la ventaja de hacer estimaciones en tiempo real e *in situ*, sin apenas procesado de muestras, de una manera rápida, suprimiendo el tiempo que pasa desde la recogida de la muestra para el análisis en laboratorio hasta la entrega del resultado analítico al ganadero. Una estimación de la composición del contenido de nitrógeno del purín (tabla 2) se hace a partir de la medida de la densidad (kg/l) y/o la conductividad (mS/cm) (García *et al.*, 2014b; García *et al.*, 2018).

Además, los métodos rápidos de estimación de la composición química del purín permiten hacer recomendaciones ajustadas a la realidad de cada parcela y explotación, facilitando de una manera inmediata las dosis de purín necesarias, con los subsiguientes beneficios ambientales y económicos.

APORTAR LAS EXTRACCIONES DE N QUE REALIZA CADA CULTIVO

La cantidad de nitrógeno que es necesario aportarles a los cultivos depende fundamentalmente de las extracciones hechas por la cosecha, que serán tanto mayores cuanto más alta sea la producción y que tienen que ser satisfechas con los aportes de fertilizantes.

Debemos considerar el caso de las leguminosas, que son capaces de utilizar el nitrógeno del aire a través de su asociación simbiótica con los rizobios, por lo tanto no recibirán fertilizante nitrogenado, salvo una pequeña dosis en la siembra en suelos pobres en nitrógeno.

Praderas

Las praderas son aprovechadas en pastoreo, en siega con ensilado o consumo en verde o con un aprovechamiento mixto de siega y pastoreo.

Las praderas suelen tener una componente leguminosa, principalmente tréboles, que, por una parte, suponen la mejora en el valor nutritivo de la pradera por su elevado contenido en proteína y a su buena digestibilidad y, por otra parte, tienen la capacidad para fijar nitrógeno del aire, lo que deberá tenerse en cuenta en la fertilización nitrogenada. ►►

► LA CANTIDAD DE NITRÓGENO QUE ES NECESARIO APORTARLES A LOS CULTIVOS DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DE LAS EXTRACCIONES HECHAS POR LA COSECHA

La cantidad de nitrógeno aplicado influye de forma decisiva en el equilibrio gramínea-leguminosa (González, 1982), siendo necesario restringir las dosis altas de nitrógeno en los aprovechamientos de ensilado para asegurar la presencia de leguminosas. Por lo tanto, las cantidades de nitrógeno que deben aplicarse a las praderas (tabla 3) dependen del sistema de manejo y del contenido en leguminosas (Castro *et al.*, 2012).

Tabla 3. Aplicaciones de nitrógeno en las praderas

	kg/ha de N (momento de aplicación)
Pradera establecimiento	
	40 (previo a la siembra)
Pradera silo (10 t/ha de MS)	
1 ensilado	80 (1,5 meses antes del corte)
2 ensilados	80 + 80 (1,5 meses antes del corte + tras el corte)
Pradera pastoreo	
Presencia importante de leguminosas	40 + 40 (1 mes antes inicio pastoreo + tras el pastoreo)
Muy pocas leguminosas	70 + 70 (1 mes antes inicio pastoreo + tras el pastoreo)

Cereales de invierno y raigrás italiano

Para una producción estimada de 5 t/ha de materia seca se aplicarán 100 kg/ha de N, 30 en la siembra y 70 a la salida del invierno (Castro *et al.*, 2012).

Mezclas de cereal de invierno con veza o guisantes forrajeros o de raigrás italiano anual con tréboles anuales

No recibirán fertilizante nitrogenado. En suelos pobres en nitrógeno podrán aplicarse 40 kg/ha de N en la siembra. Un exceso de nitrógeno solo favorecería el encamado de estas mezclas, que suele producirse de forma natural de cara al final del ciclo si las producciones son elevadas (Castro *et al.*, 2012).

La incorporación del purín con elevada humedad del aire y bajas temperaturas disminuye las pérdidas de N por volatilización



Maíz forrajero

En parcelas controladas por el CIAM se determinaron las extracciones de nitrógeno hechas por el cultivo de maíz por tonelada de materia seca: 9,43 kg de N/t. Las extracciones de nitrógeno de una variedad concreta de maíz forrajero pueden estimarse a partir de los datos de producción esperada y el contenido de proteína bruta de esa variedad, que puede consultarse en las tablas de evaluación de las variedades comerciales de maíz forrajero elaboradas por el CIAM (Bande, 2017):

$$\text{kg de N/t} = (\text{PB} \times 10 / 6,25) \times \text{producción (t/ha)}$$

Así, para una variedad con un porcentaje de proteína bruta del 6,5 % y una producción esperada de 18 t/ha las extracciones estimadas de nitrógeno serían:

$$\text{kg de N/t} = (6,5 \times 10 / 6,25) \times 18 = 187 \text{ kg de N/t}$$

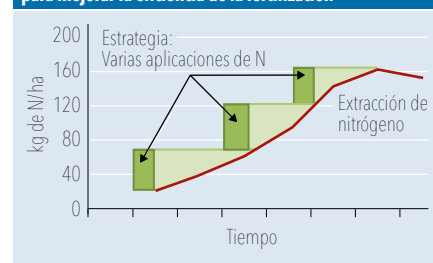
Sorgo forrajero

Para una producción de sorgo forrajero estimada en 5 t/ha de materia seca se aplicarán 95 kg/ha de N en la siembra. En caso de que se utilicen variedades de sorgo con capacidad de rebrote y la climatología lo permita, se recomienda aplicar 60 kg/ha después del primer corte (Castro *et al.*, 2012).

GESTIONAR DE UN MODO ADECUADO LOS FERTILIZANTES Y EL PURÍN (MOMENTO, TÉCNICAS Y CONDICIONES DE APLICACIÓN)

Es muy importante el fraccionamiento de la aplicación. Poner a disposición de la planta el nitrógeno a medida que lo necesita incrementa el aprovechamiento del nitrógeno y disminuye las pérdidas por lixiviación durante períodos de lluvia (figura 2).

Figura 2. Fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno para mejorar la eficiencia de la fertilización



Lammel, 2005

Las pérdidas por lavado/lixiviación de nitratos se reducen al mínimo aproximando la aplicación del fertilizante y/o purín a la siembra. El retraso de las aplicaciones del purín para el maíz forrajero a finales de invierno-comienzo de la primavera incrementará la utilización del nitrógeno.

Para mejorar la utilización del nitrógeno también conviene disminuir al mínimo las pérdidas por lixiviación, así, a ser posible desde un punto de vista práctico, deben evitarse aplicaciones a finales de otoño y en invierno (período de precipitaciones elevadas), puesto que la lluvia puede lavar los nitratos antes de ser asimilados por los cultivos. ►►



► PARA MEJORAR LA UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO TAMBIÉN CONVIENE DISMINUIR AL MÍNIMO LAS PÉRDIDAS POR LIXIVIACIÓN. ASÍ, SI ES POSIBLE DESDE UN PUNTO DE VISTA PRÁCTICO, DEBEN EVITARSE APLICACIONES A FINALES DE OTOÑO Y EN INVIERNO

Tabla 4. Eficiencia de utilización del nitrógeno de purín, en función de las técnicas y condiciones de aplicación

Técnica de aplicación	Momento	Condiciones de aplicación		
		Óptimas (*)	Regulares	Malas (**)
Cobertura	Finales de invierno	0,7	0,6	0,6
	Primavera	0,5	0,5	0,4
	Otoño	0,4	0,3	0,3
Enterrado	Inmediatamente	0,9	0,8	0,7
	Menos de 4 horas	0,8	0,7	0,6
	El mismo día	0,7	0,6	0,5

(*) Condiciones óptimas:
-Elevada humedad relativa del aire: rocío, al amanecer o al atardecer
-Viento en calma
-Bajas temperaturas

(**) Condiciones malas:
-Tiempo seco, mediodía
-Fuerte viento
-Altas temperaturas

La urea conviene incorporarla tras su aplicación, con labra o agua de arroyo, o aplicarla cuando haya predicciones de lluvia, para evitar las pérdidas por volatilización del amoniaco.

El nitrato amónico cálcico suele tener la mitad del N en forma nítrica y la otra mitad en forma amoniacal, por lo que conviene aplicarlo cuando queramos aportar una parte de nitrógeno para acción inmediata y otra para un efecto más pausado.

En cuanto a los purines, la eficiencia en la utilización del nitrógeno va a depender de la técnica de aplicación. Para mejorar el aprovechamiento del nitrógeno es básico hacer una inyección o un enterrado del purín para evitar las pérdidas del nitrógeno amoniacal hacia la atmósfera. Si el purín no se inyecta o entierra se puede volatilizar la totalidad del nitrógeno amoniacal que representa aproximadamente de un 50 % hasta un 75 % del nitrógeno en el purín de vacuno y de porcino, respectivamente. El 50 % de las pérdidas de amoniaco acontecen dentro de las 4-12 horas después de la aplicación de los purines; la incorporación con gradas puede disminuir las pérdidas alrededor del 80 % y la inyección en profundidad en su totalidad (Oene *et al.*, 2008).

En esta volatilización también influyen otros factores como son la temperatura, la humedad y el viento (tabla 4).

UTILIZAR FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN LENTA E INHIBIDORES DE LA NITRIFICACIÓN Y DE LA UREASA

Los fertilizantes de liberación lenta y fertilizantes con inhibidores de la nitrificación o de la ureasa, al reducir las pérdidas de nitrógeno suelen incrementar la eficiencia en el uso del nitrógeno, con una mejora en la calidad y en la producción.

Estos fertilizantes alargan el período de liberación del nitrógeno, de tal forma que esta liberación se realiza de manera más acorde a las necesidades de los cultivos.

Los fertilizantes de liberación lenta consiguen retrasar o extender la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo mediante distintos mecanismos que controlan la solubilidad en agua con recubrimientos insolubles al agua, semipermeables o impermeables con poros.

Los inhibidores de la nitrificación deprimen o inhiben la oxidación por las bacterias nitrosomas del ión amonio (NH₄⁺) a ión nitrito (NO₂⁻), de tal forma que disminuyen las pérdidas por lixiviación y la producción de óxido nítrico por desnitrificación (Skiba *et al.*, 1993; Weiske *et al.*, 2006; Báez *et al.*, 2014; Gilsanz *et al.*, 2016) al mantener por más tiempo las formas amoniacales, incrementando consiguiendo el uso eficiente del nitrógeno, aunque su acción es variable dependiendo de la temperatura y la humedad del suelo. Los más utilizados en el mercado son el DMPP y el DCD. En un proyecto desarrollado en el año 2017 liderado por la CAP de A Coruña y con la participación del CIAM-Ingacal, se hicieron aplicaciones en parcelas de purín con y sin DMPP, de 3 parcelas de praderas el uso del DMPP incrementó la producción y la proteína bruta en 2 parcelas, de 7 parcelas de maíz el uso del DMPP aumentó la producción en 4 de las 7 parcelas, con aumentos que iban del 8 % hasta el 29 %, pero sin efecto sobre la proteína bruta. En el resto de las parcelas las producciones y la proteína bruta fueron semejantes con o sin la utilización del DMPP (Informe final Feader 2016-12B). ►►



El fraccionamiento de la aplicación (siembra+cobertera) permite ajustar el aporte de N a las necesidades del cultivo

► EL NITRATO AMÓNICO CÁLCICO SUELE TENER LA MITAD DEL N EN FORMA NÍTRICA Y LA OTRA EN FORMA AMONIACAL, POR LO QUE CONVIENE APLICARLO CUANDO QUERAMOS APORTAR UNA PARTE DE N PARA ACCIÓN INMEDIATA Y OTRA PARA UN EFECTO MÁS PAUSADO

También permiten una flexibilidad con la fertilización, pues se puede reducir el número de aplicaciones o adelantar las aplicaciones de fertilizantes (cuando los tiempos de aplicación son limitados) sin que se produzcan pérdidas al medio. Hay un ahorro en las labores de campo al suprimir el fraccionamiento de la fertilización, aunque por otro lado resultan más caros.

Los inhibidores de la ureasa retrasan la transformación (hidrólisis) de las formas ureicas a las amoniacales por la acción de la enzima ureasa. Las pérdidas por volatilización del amoníaco, así como las pérdidas posteriores por lixiviación de nitratos, se reducen. El más conocido es el NBPT: N-(n-butil) tiofósforo triamida.

TENER EN CUENTA EL CULTIVO PRECEDENTE Y EL NIVEL DE N MINERAL EN EL SUELO AL INICIO DEL CULTIVO

Aunque la fertilización nitrogenada no tiene un efecto acumulativo en el suelo a lo largo de los años pueden encontrarse niveles altos de nitrógeno en el suelo al inicio de un cultivo y una mayor mineralización de N orgánico cuando se cultiva previamente una leguminosa o cuando se incorpora al terreno un cultivo, que es lo que se denomina “abono verde”.

En un ensayo realizado desde el año 2011 en el CIAM con la siembra de cuatro cultivos de invierno: raigrás italiano, trébol rojizo y las mezclas de raigrás italiano/trébol rojizo y triticale/guisante, seguidos de un cultivo de maíz forrajero, se encontró que las producciones de materia seca obtenidas y las extracciones de N tras el trébol rojizo y la mezcla triticale/guisante fueron superiores a las obtenidas con la mezcla raigrás/trébol rojizo (su influencia es mayor en los años en que hay una mayor presencia de la leguminosa) y muy superiores a las obtenidas tras el raigrás. En cuanto a la calidad se encontró un mayor contenido de proteína bruta en la mazorca tras el trébol rojizo y la mezcla triticale/guisante (Báez *et al.*, 2014; Báez *et al.*, 2017).

El cultivo precedente se tiene en cuenta desde hace años en las recomendaciones de fertilización en el Reino Unido, donde utilizan unas tablas de recomendación nitrogenada que aplican un factor de reducción del N en función del cultivo precedente y de las condiciones edafoclimáticas, que son los factores que influyen en el N que aporta el suelo (DEFRA, 2010).

Ensayos realizados con el maíz en el CIAM muestran que el nitrógeno final estimado (N inicial en el suelo más N aplicado menos N extraído por la recogida) en los casos con cultivo previo de maíz o nabos se aproxima al N final presente en el suelo. En el caso de incorporación al terreno de guisante o cultivo previo de praderas (raigrás+trébol) existe una diferencia de unos 125-150 kg de N/ha. Si el cultivo previo es una leguminosa que es recogida, la diferencia se estima en 40-50 kg de N/ha. Por lo tanto, es necesario fertilizar teniendo cuenta el cultivo precedente, pues en el caso de enterrado de guisante o cultivo previo de praderas se pueden reducir las dosis de N recomendadas alrededor de los 125 kg/ha y en el caso de cultivo previo de leguminosas a dicha reducción será de unos 40 kg/ha (García *et al.*, 2012). ►►

► LA EFICIENCIA EN LA UTILIZACIÓN DEL N POR EL CULTIVO SERÁ MAYOR SI DISMINUIAMOS LAS PÉRDIDAS AL MEDIO MEDIANTE UN MANEJO ADECUADO DE LOS FERTILIZANTES Y DEL PURÍN



Resultados similares se encontraron en otros estudios. Según Andreu *et al.* (2006), tras dos años de alfalfa la fertilización del maíz se podía disminuir entre 150 y 175 kg de nitrógeno y tras una leguminosa entre 70 y 130 kg de N/ha. En el País Vasco, en parcelas en las que no se aplicó fertilizante nitrogenado al maíz forrajero, la incorporación al terreno de trébol rojizo produjo rendimientos en el maíz semejantes a las parcelas sin cultivo en invierno en las que se aplicaron 150 kg de N/ha, observándose una reducción de nitratos por lixiviación de 124 a 47 kg de N/ha (Báez *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

El nitrógeno es un elemento principal en la fertilización y juega un papel fundamental en el desarrollo y rendimiento de los cultivos. Las dosis de fertilización nitrogenada tienen que satisfacer las extracciones que realiza la cosecha, siendo necesario un encalado en suelos ácidos y un conocimiento de la riqueza nitrogenada del fertilizante mineral y orgánico. La eficiencia en la utilización del N por el cultivo será mayor si disminuimos las pérdidas al medio mediante un manejo adecuado de los fertilizantes minerales y del purín (momento, técnicas y condiciones de aplicación y/o uso de aditivos). También se pueden realizar prácticas que permitan disminuir el nitrógeno aportado, como es tener en cuenta el cultivo precedente y la fijación de N por las leguminosas. ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acea, M.J.; Cabaneiro, A.; Carballas, M.; Gil, F.; Leirós, M.C.; López, E.; Núñez, A.; Villar, M. C. 1990. El xurro de vacuno en Galicia. Xunta de Galicia, 162 pp.
- Agropal. 2017. El ciclo del nitrógeno. http://www.en.agropal.com/servicios_noticias_d.shtml?idboletin=891&idarticulo=139387&idseccion=4430&idioma=
- Andreu J., Betrán J., Delgado I., Espada J.L., Gil M., Gutiérrez M., Iguácel F., Isla R., Muñoz F., Orús F., Pérez M., Quílez D., Sin E., Yagüe M.R. 2006. Fertilización Nitrogenada: Guía de Actualización. Departamento de Agricultura y Alimentación, Gobierno de Aragón. 196 pp.
- Báez, D.; Castro, J.; Louro, A.; García, M.I. 2010. Valoración agronómica e ambiental do emprego de xurros en praderías. Cooperación Galega. Caderno de Divulgación Técnica nº 99, 15 pp.
- Báez, D.; Estavillo, J.M.; Pinto, M.; Rodríguez-Juliá, M. 2007. The role of cover-crops in a forage maize production system in the humid Spain. En: 15th Nitrogen AUTORES (p.o. de firma): Baez-Bernal, D.; García Pomar, M.I.; Gilsanz Rey, C.; Louro López, A.; J. Castro Insúa, J.
- Báez, D.; García, M.I.; Gilsanz, C.; Louro, A.; Castro, J. 2014. Fertilización nitrogenada no millo forraxeiro en rotación con varios cultivos de inverno. Afriga, 109: 146-155.
- Báez, D.; García, M.I.; Gilsanz, C.; Louro, A.; García-Souto, V.; Castro, J. 2017. Producción de varios cultivos forrajeros de invierno que incorporan leguminosas y efecto en el maíz posterior. Actas de la 56ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos: Renaturalización vs. Ruralización (Rewilding vs. Re-farming), 122-128.
- Báez, D.; Gilsanz, C.; García, M.I.; Castro J.F. 2014. DM yield and N₂O emissions as affected by 3,4-Dimethylphosphazophosphate, a nitrification inhibitor applied during winter in Northwestern Spain. Proceedings of the 18th Nitrogen Workshop, Lisboa, Portugal, pp. 368-369.
- Bande, M.J. 2017. Variedades de millo forraxeiro avaliadas en Galicia. Afriga, 128, 34-40.
- Castro, J. 2000. O manexo do xurro nas explotacións de leite galegas: problemática e planes de manexo do xurro como abono. Curso de residuos agrarios, EGAP.
- Castro, J.; García, M.I.; Piñeiro, J.; Blázquez, R. 2012. Fertilización de prados, praderías e forraxes anuais. Afriga, 96: 82-92.
- Department for Environment Food and Rural Affairs. 2010. Fertiliser manual (RB 209). Belfast (Ireland), 252 pp.
- García, M.I.; Báez, D.; Castro, J. 2014a. Recomendación de encalado nos cultivos forraxeiros. Afriga, 114, 106-114.
- García, M.I.; Báez, D.; Castro, J.; Gilsanz, C. 2014b. Estimation of nutrient value of slurry in dairy farms in Galicia from the density and electrical conductivity. En: Proceedings of the 18th Nitrogen Workshop, Lisboa.
- García, M.I.; Báez, D.; Castro, J.; Louro, A. 2012. Axuste das recomendacións de fertilización no millo forraxeiro para as condicións galegas. Afriga, 97: 130-136.
- García, M.I.; Báez, M.D.; García, V.; Castro, J.; Blanco, J.M.; Fernández, M.; Giménez, M.; Presedo. 2018. Estimación in situ del contenido en nutrientes del purín de porcino por métodos rápidos. Actas de la 57ª Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos, Teruel (pendiente de publicación).
- García, M.I.; Castro, J.; Báez, D.; Camba, J.; López, J. 2010. Directrices para fertilizar con xurros o millo forraxeiro. Afriga, 85: 66-73.
- Gilsanz, C.; Báez, M.D.; García, M.I. 2016. N yield-scaled emissions and greenhouse gas intensity from forage maize in relation to addition of 3,4-Dimethylphosphazophosphate to cattle slurry and mineral fertilizers. Proceedings of the 19th Nitrogen Workshop, Skara, Suecia, pp. 310-311.
- González, A., 1982. Repuesta de la pradera mixta a la aplicación de nitrógeno. Fijación de nitrógeno. Pastos, XXI(1), 107-117.
- Lammel, J. 2005. Cost of the different options available to the farmers: current situation and prospects. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, París, Francia.
- Mombiela, F.; Mateo, M.E., 1984. Necesidades de cal para praderas en terrenos "a monte". Anales INIA, Serie Agrícola, 25, 129-143.
- Oenema, O.; Bannink, A.; Sommer, S.G.; Van Groenigen, J.W.; Velthof, G.L. 2008. Gaseous nitrogen emissions from livestock farming systems. En: Nitrogen in the Environment: Sources, Problems and Management, Ed: Hatfield & Follet, 395-441.
- Piñeiro, J.; Castro, J.; Blázquez, R. 2009. Aduado de forraxeiras e pratenses. Cooperación. Revista da Asociación Galega de Cooperativas Agrarias (AGACA). Cadernillo de Divulgación Técnica. Nº 92, Marzo 2009, pp. 1-15.
- Skiba, U.; Smith, K.A.; Fowler, D., 1993, The effect of fertiliser on NO and N₂O emission from a sandy loam soil. Soil Use and Management, 9, 124-125.
- Truog, E. 1953. Soil as a medium for plant growth. En: Mineral nutrition of plants. Ed. E. Truog. Madison, Wisconsin. 469 pp.
- Urbano, P. 1992. Tratado de Fitotecnia General. Ed. Mundi Prens. Madrid. 895 pp.
- Weiske, A.; Vabitsch, A.; Olesen, J.E.; Schelde, K.; Michel, J.; Friedrich, R.; Kaltschmitt, M. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming. AgrEcosyst Environ: 112, 221-2321