



A aplicación en bandas do xurro é unha boa técnica para incrementar a eficiencia no uso do N en pradeiras

Mellora da eficiencia da fertilización nitroxenada nos cultivos forraxeiros

Descubrimos o comportamento do nitróxeno no solo e abordamos unha serie de boas prácticas agrarias para facer unha correcta aplicación dos fertilizantes nitroxenados nos cultivos forraxeiros, entre eles o millo.

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

INTRODUCCIÓN

O nitróxeno (N) é un dos elementos minerais principais na fertilización, xunto co fósforo e o potasio. É extraído polos cultivos en cantidades importantes e é o motor de crecemento da planta, xogando un papel fundamental no desenvolvemento e rendemento dos cultivos ao orixinar maior produción de clorofila, co subseguinte incremento da superficie foliar e da actividade fotosintética.

Forma parte dos aminoácidos e das proteínas, afectando dun xeito directo ao contido proteico da forraxe, e incrementa a dixestibilidade ao reducir o contido en fibras.

O nitróxeno está no solo na súa maior parte en forma orgánica. As formas orgánicas, as cales non están directamente dispoñibles para o cultivo, mineralízanse pasando a formas nítricas (NO_3^-) e amoniacais (NH_4^+), que son as que o cultivo pode absorber.

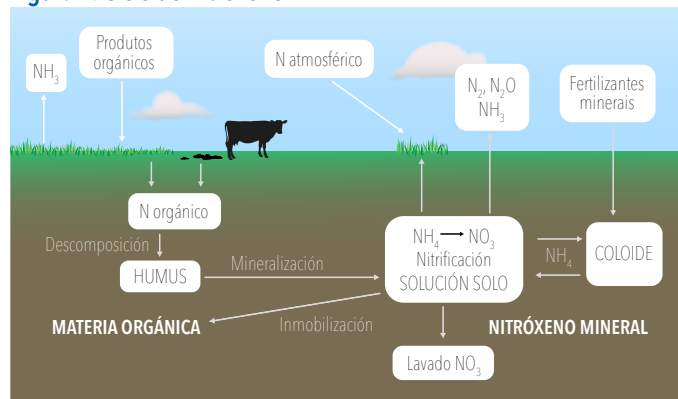
Ao contrario do que pasa co fósforo e o potasio, a fertilización nitroxenada non ten un efecto acumulativo no solo ao longo dos anos; polo tanto, a fertilización nitroxenada debe chegar as extraccións que realiza a colleita e as posibles perdas: lixiviación de nitratos (NO_3^-), volatilización do amoníaco (NH_3) cara á atmosfera, que pode ser importante no caso de fertilizar con fertilizantes ureicos e/ou con xurros (García *et al.*, 2010), e as perdas por emisións de óxido nítrico (N_2O) [desnitrificación, figura 1]. Estas perdas son de difícil cuantificación, pois dependen moito das condicións edafoclimáticas e do manexo.

A achega de N necesario para satisfacer as extraccións que realiza a colleita poderá ser máis eficiente se diminuímos as perdas ao medio coa realización de boas prácticas agrarias: aplicación dos fertilizantes nas condicións máis axeitadas (climatoloxía e localización), aplicación fraccionada ao longo do tempo, como é unha aplicación de fondo máis unha aplicación de cobertoira, o que permite axustar o nitróxeno aplicado ás necesidades das plantas nos distintos períodos de crecemento, e aplicación de fertilizantes de liberación lenta ou fertilizantes con inhibidores da nitrificación que tamén poñen os nutrientes de xeito progresivo a disposición do cultivo dende a súa aplicación.

Tamén se poden realizar prácticas que permitan diminuír o nitróxeno achegado, como son incorporar leguminosas ás rotacións, coñecer o nitróxeno mineral presente no solo ao inicio do cultivo se o achegamos en exceso no cultivo precedente e posteriormente non houbo episodios importantes de choiva, coñecer a mineralización da materia orgánica etc. Tampouco debemos esquecer o básico: realizar un encalado cando sexa necesario e coñecer a riqueza en nitróxeno do fertilizante para poder calcular ben as doses.

► A ACHEGA DE N NECESARIO PARA SATISFACER AS EXTRACCIÓNS QUE REALIZA A COLLEITA PODERÁ SER MÁIS EFICIENTE SE DIMINUÍMOS AS PERDAS AO MEDIO COA REALIZACIÓN DE BOAS PRÁCTICAS

Figura 1. Ciclo do nitróxeno



Agropal, 2017

ENCALAR

A acidez do solo ten unha acción negativa sobre a dispoñibilidade do nitróxeno polos cultivos –sendo as condicións óptimas dun solo un pH entre 6 e 7 (Truog, 1953)–, así como un efecto depresivo sobre a actividade dos microorganismos do solo: fréanse procesos que regulan a fertilidade do solo, como son os de mineralización da materia orgánica, a fixación biolóxica do nitróxeno atmosférico polas leguminosas... (Urbano, 1992).

O parámetro que debemos coñecer á hora de encalar un solo é a porcentaxe de saturación de aluminio (% Al) no complexo de cambio, que está moi relacionada co pH do solo.

A porcentaxe de saturación de aluminio pode vir nas análises de solo ou pódese calcular a partir dos catións do complexo de cambio: aluminio ou acidez de cambio, calcio, magnesio, potasio e sodio, que poden vir expresados como meq/100 g ou cmol/kg, sendo:

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

Na táboa 1 móstranse as doses de encalante, calcaria ou óxido de calcio cun 100 % de riqueza, recomendadas para corrixir a acidez do solo para os cultivos forraxeiros en Galicia (Mombiela e Mateo, 1984; Piñeiro *et al.*, 2009; García *et al.*, 2014a). ►►

¡Abre bien los ojos!



No todos los fertilizantes nitrogenados son iguales.

Numerosos estudos de I+D han demostrado que la menor perda de nitróxeno se consegue con la aportación de un **equilibrio perfecto** en **nitróxeno** y **magnesio** lo que se traduce en maior proteína y cantidade de forraje.

Fertimón ha conseguido con **NITROFERTIMÓN**, ese equilibrio a un nivel que non aporta ningún outro fertilizante.



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

Táboa 1. Acidez e doses recomendadas de encalante

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

Coñecer as necesidades de encalado é de moita importancia, xa que os fertilizantes nitroxenados non serán ben aproveitados polos cultivos se non se corrixe a acidez do solo.

COÑECER A RIQUEZA EN NITRÓXENO DOS FERTILIZANTES MINERAIS E DO XURRO

A riqueza dos fertilizantes nitroxenados simples vén dada pola porcentaxe de riqueza. A riqueza en N dos fertilizantes complexos ou compostos vén dada pola primeira cifra das tres que forman a fórmula fertilizante, indicándonos os kg de N que hai en 100 kg de fertilizante.

Respecto á riqueza en nitróxeno do xurro, pódense coller os valores medios do contido de nitróxeno dun número elevado de mostras de xurro. O valor medio do contido en nitróxeno do xurro de vacún de leite, obtido a partir de 218 mostras analizadas nos últimos anos no Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo, foi de 3,02 kg de N/1.000 kg de xurro (García *et al.*, 2010). Non obstante, cando hai que fertilizar con xurro o mellor é caracterizalo en cada explotación nos momentos da súa aplicación, pois o contido en nutrientes do xurro presenta variabilidade dunhas explotacións a outras (Castro, 2000) e unha variabilidade estacional dentro dunha mesma explotación (Acea *et al.*, 1990).

► O PARÁMETRO QUE DEBEMOS COÑECER Á HORA DE ENCALAR UN SOLO É A PORCENTAXE DE SATURACIÓN DE ALUMINIO NO COMPLEXO DE CAMBIO, QUE ESTÁ MOI RELACIONADA CO PH DO SOLO

Táboa 2. Estimación do contido en nitróxeno (kg/m³) do xurro

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

N: contido en N (kg/m³); D: densidade (kg/l); CE_{dil}: condutividade eléctrica diluída 1:10 (mS/cm)

*** P<0,001

A caracterización mediante análise da composición química para coñecer o contido en nitróxeno pode facerse mediante unha análise en laboratorio ou mediante unha estimación a partir de medidas indirectas. As medidas indirectas presentan a vantaxe de facer estimacións en tempo real e *in situ*, sen apenas procesado de mostras, dun xeito rápido, suprimindo o tempo que pasa dende a recollida da mostra para a análise en laboratorio ata a entrega do resultado analítico ao gandeiro. Unha estimación da composición do contido de nitróxeno do xurro (táboa 2) faise a partir da medida da densidade (kg/l) e/ou a condutividade (mS/cm) (García *et al.*, 2014b; García *et al.*, 2018).

Ademais, os métodos rápidos de estimación da composición química do xurro permiten facer recomendacións axustadas á realidade de cada parcela e explotación, facilitando dun xeito inmediato as doses de xurro necesarias, cos subseguintes beneficios ambientais e económicos.

ACHEGAR AS EXTRACCIÓNS DE N QUE REALIZA CADA CULTIVO

A cantidade de nitróxeno que é necesario achegarllas aos cultivos depende fundamentalmente das extraccións feitas pola colleita, que serán tanto maiores canto máis alta sexa a produción e que teñen que ser satisfeitas coas achegas de fertilizantes.

Debemos considerar o caso das leguminosas, que son capaces de utilizar o nitróxeno do aire a través da súa asociación simbiótica cos rizobios, polo tanto non recibirán fertilizante nitroxenado, salvo unha pequena dose na sementeira en solos pobres en nitróxeno.

Pradeiras

As pradeiras son aproveitadas en pastoreo, en sega con ensilado ou consumo en verde ou cun aproveitamento mixto de sega e pastoreo.

As pradeiras adoitan ter unha compoñente leguminosa, principalmente trevos, que, por unha banda, supoñen a mellora no valor nutritivo da pradeira polo seu elevado contido en proteína e a súa boa dixestibilidade e, por outra banda, teñen a capacidade para fixar nitróxeno do aire, o que deberá terse en conta na fertilización nitroxenada. ►►

▶ A CANTIDADE DE NITRÓXENO QUE É NECESARIO ACHEGARLLES AOS CULTIVOS DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DAS EXTRACCIÓNS FEITAS POLA COLLEITA

A cantidade de nitróxeno aplicado inflúe de forma decisiva no equilibrio graminosa-leguminosa (González, 1982), sendo necesario restrinxir as doses altas de nitróxeno nos aproveitamentos de ensilado para asegurar a presenza de leguminosas. Polo tanto, as cantidades de nitróxeno que deben aplicarse ás pradeiras (táboa 3) dependen do sistema de manexo e do contido en leguminosas (Castro *et al.*, 2012).

Táboa 3. Aplicacións de nitróxeno nas pradeiras

	kg/ha de N (momento de aplicación)
Pradeira establecemento	
	40 (previo á sementeira)
Pradeira silo (10 t/ha de MS)	
1 ensilado	80 (1,5 meses antes do corte)
2 ensilados	80 + 80 (1,5 meses antes do corte + tras o corte)
Pradeira pastoreo	
Presenza importante de leguminosas	40 + 40 (1 mes antes inicio pastoreo + tras o pastoreo)
Moi poucas leguminosas	70 + 70 (1 mes antes inicio pastoreo + tras o pastoreo)

Cereais de inverno e raigrás italiano
Para una produción estimada de 5 t/ha de materia seca aplicaranse 100 kg/ha de N, 30 na sementeira e 70 á saída do inverno (Castro *et al.*, 2012).

Mesturas de cereal de inverno con veza ou chícharos forraxeiros ou de raigrás italiano anual con trevos anuais

Non recibirán fertilizante nitroxenado. En solos pobres en nitróxeno poderán aplicarse 40 kg/ha de N na sementeira. Un exceso de nitróxeno só favorecería o encamado destas mesturas, que adoita a producirse de forma natural de cara ao final do ciclo se as producións son elevadas (Castro *et al.*, 2012).

A incorporación do xurro con elevada humidade do aire e baixas temperaturas diminúe as perdas de N por volatilización



Millo forraxeiro

En parcelas controladas polo CIAM determináronse as extraccións de nitróxeno feitas polo cultivo de millo por tonelada de materia seca: 9,43 kg de N/t. As extraccións de nitróxeno dunha variedade concreta de millo forraxeiro poden estimarse a partir dos datos de produción esperada e o contido de proteína bruta desa variedade, que pode consultarse nas táboas de avaliación das variedades comerciais de millo forraxeiro elaboradas polo CIAM (Bande, 2017):

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

Así, para unha variedade cunha porcentaxe de proteína bruta do 6,5 % e unha produción esperada de 18 t/ha as extraccións estimadas de nitróxeno serían:

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

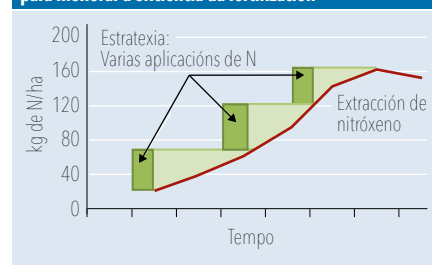
Sorgo forraxeiro

Para unha produción de sorgo forraxeiro estimada en 5 t/ha de materia seca aplicaranse 95 kg/ha de N na sementeira. No caso de que se utilicen variedades de sorgo con capacidade de rebrote e a climatoloxía o permita, recoméndase aplicar 60 kg/ha despois do primeiro corte (Castro *et al.*, 2012).

XESTIONAR DUN MODO AXEITADO OS FERTILIZANTES E O XURRO (MOMENTO, TÉCNICAS E CONDICIÓN DE APLICACIÓN)

É moi importante o fraccionamento da aplicación. Poñer a disposición da planta o nitróxeno a medida que o necesita incrementa o aproveitamento do nitróxeno e diminúe as perdas por lixiviación durante períodos de choiva (figura 2).

Figura 2. Fraccionamento da aplicación de nitróxeno para mellorar a eficiencia da fertilización



Lammel, 2005

As perdas por lavado/lixiviación de nitratos redúcense ao mínimo aproximando a aplicación do fertilizante e/ou xurro á sementeira. O atraso das aplicacións do xurro para o millo forraxeiro a finais de inverno-comezo da primavera incrementará a utilización do nitróxeno.

Para mellorar a utilización do nitróxeno tamén convén diminuír ao mínimo as perdas por lixiviación, así, se é posible dende un punto de vista práctico, deben evitarse aplicacións a finais de outono e no inverno (período de precipitacións elevadas), posto que a choiva pode lavar os nitratos antes de ser asimilados polos cultivos. ▶▶

As leguminosas fixan N atmosférico e deixan parte dispoñible para o cultivo seguinte



► PARA MELLORAR A UTILIZACIÓN DO NITRÓXENO TAMÉN CONVÉN DIMINUÍR AO MÍNIMO AS PERDAS POR LIXIVIACIÓN. ASÍ, SE É POSIBLE DENDE UN PUNTO DE VISTA PRÁCTICO, DEBEN EVITARSE APLICACIÓNS A FINAIS DE OUTONO E NO INVERNO

Táboa 4. Eficiencia de utilización do nitróxeno do xurro, en función das técnicas e condicións de aplicación

Técnica de aplicación	Momento	Condicións de aplicación		
		Óptimas (*)	Regulares	Malas (**)
Cobertoira	Finais de inverno	0,7	0,6	0,6
	Primavera	0,5	0,5	0,4
	Outono	0,4	0,3	0,3
Enterrado	Inmediatamente	0,9	0,8	0,7
	Menos de 4 horas	0,8	0,7	0,6
	O mesmo día	0,7	0,6	0,5

(*) Condicións óptimas:

- Elevada humidade relativa do aire: orballo, ao amencer ou ao atardecer
- Vento en calma
- Baixas temperaturas

(**) Condicións malas:

- Tempo seco, mediodía
- Forte vento
- Altas temperaturas

A urea convén incorporala tras a súa aplicación, con labra ou auga de rega, ou aplícala cando haxa predicións de choiva, para evitar as perdas por volatilización do amoníaco.

O nitrato amónico cálcico adoita ter a metade do N en forma nítrica e a outra metade en forma amoniacal, polo que convén aplicalo cando queiramos achegar unha parte de nitróxeno para acción inmediata e outra para un efecto máis pausado.

En canto aos xurros, a eficiencia na utilización do nitróxeno vai depender da técnica de aplicación. Para mellorar o aproveitamento do nitróxeno é básico facer unha inxección ou un enterrado do xurro para evitar as perdas do nitróxeno amoniacal cara á atmosfera. Se o xurro non se inxecta ou enterra pódese volatilizar a totalidade do nitróxeno amoniacal que representa aproximadamente dun 50 % ata un 75 % do nitróxeno no xurro de vacún e de porcino, respectivamente. O 50 % das perdas de amoniaco acontecen dentro das 4-12 horas despois da aplicación dos xurros; a incorporación con grades pode diminuír as perdas arredor do 80 % e a inxección en profundidade na súa totalidade (Oenema *et al.*, 2008).

Nesta volatilización tamén inflúen outros factores como son a temperatura, a humidade e o vento (táboa 4).

UTILIZAR FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN LENTA E INHIBIDORES DA NITRIFICACIÓN E DA UREASA

Os fertilizantes de liberación lenta e fertilizantes con inhibidores da nitrificación ou da ureasa, ao reducir as perdas de nitróxeno adoitan incrementar a eficiencia no uso do nitróxeno, cunha mellora na calidade e na produción.

Estes fertilizantes alongan o período de liberación do nitróxeno, de tal forma que esta liberación se realiza de xeito máis acorde ás necesidades dos cultivos.

Os fertilizantes de liberación lenta conseguen atrasar ou estender a dispoñibilidade dos nutrientes para o cultivo mediante distintos mecanismos que controlan a solubilidade en auga con recubrimentos insolubles á auga, semipermeables ou impermeables con poros.

Os inhibidores da nitrificación deprimen ou inhiben a oxidación polas bacterias nitrosomas do ión amonio (NH_4^+) a ión nitrito (NO_2^-), de tal forma que diminúen as perdas por lixiviación e a produción de óxido nítrico por desnitrificación (Skiba *et al.*, 1993; Weiske *et al.*, 2006; Báez *et al.*, 2014; Gilsanz *et al.*, 2016) ao manter por máis tempo as formas amoniacaais, incrementando conseguintemente o uso eficiente do nitróxeno, aínda que a súa acción é variable dependendo da temperatura e a humidade do solo. Os máis utilizados no mercado son o DMPP e o DCD. Nun proxecto desenvolvido no ano 2017 liderado pola CAP da Coruña e coa participación do CIAM-Ingacal, fixéronse aplicacións en parcelas de xurro con e sen DMPP, de 3 parcelas de pradeiras o uso do DMPP incrementou a produción e a proteína bruta en 2 parcelas, de 7 parcelas de millo o uso do DMPP aumentou a produción en 4 das 7 parcelas, con incrementos que ían do 8 % ata o 29 %, pero sen efecto sobre a proteína bruta. No resto das parcelas as producións e a proteína bruta foron semellantes con ou sen a utilización do DMPP (Informe final Feader 2016-12B). ►►



► O NITRATO AMÓNICO CÁLCICO ADOITA TER A METADE DO N EN FORMA NÍTRICA E A OUTRA EN FORMA AMONICAL, POLO QUE CONVÉN APLICALO CANDO QUEIRAMOS ACHEGAR UNHA PARTE DE N PARA ACCIÓN INMEDIATA E OUTRA PARA UN EFECTO MÁIS PAUSADO

Tamén permiten unha flexibilidade coa fertilización, pois pódese reducir o número de aplicacións ou adiantar as aplicacións de fertilizantes (cando os tempos de aplicación son limitados) sen que se produzan perdas ao medio. Hai un aforro nos labores de campo ao suprimir o fraccionamento da fertilización, aínda que por outro lado resultan máis caros.

Os inhibidores da ureasa atrasan a transformación (hidrólise) das formas ureicas ás amoniacaís pola acción da encima ureasa. As perdas por volatilización do amoniaco, así como as perdas posteriores por lixiviación de nitratos, redúcense. O máis coñecido é o NBPT: N-(n-butil) tiofósforo triamida.

TER EN CONTA O CULTIVO PRECEDENTE E O NIVEL DE N MINERAL NO SOLO AO INICIO DO CULTIVO

Aínda que a fertilización nitróxenada non ten un efecto acumulativo no solo ao longo dos anos poden encontrarse niveis altos de nitróxeno no solo ao inicio dun cultivo e unha maior mineralización de N orgánico cando se cultiva previamente unha leguminosa ou cando se incorpora ao terreo un cultivo, que é o que se denomina *abono verde*.

Nun ensaio realizado dende o ano 2011 no CIAM coa sementeira de catro cultivos de inverno: raigrás italiano, trevo encarnado e as mesturas de raigrás italiano/trevo encarnado e triticales/chícharo, seguidos dun cultivo de millo forraxeiro, encontrouse que as producións de materia seca obtidas e as extraccións de N tras o trevo encarnado e a mestura triticales/chícharo foron superiores ás obtidas coa mestura raigrás/trevo encarnado (a súa influencia é maior nos anos que hai unha maior presenza da leguminosa) e moi superiores ás obtidas tras o raigrás. En canto á calidade encontrouse un maior contido de proteína bruta na mazaroca tras o trevo encarnado e a mestura triticales/chícharo (Báez *et al.*, 2014; Báez *et al.*, 2017).

O cultivo precedente tense en conta dende hai anos nas recomendacións de fertilización no Reino Unido, onde utilizan unhas táboas de recomendación nitróxenada que aplican un factor de redución do N en función do cultivo precedente e das condicións edafoclimáticas, que son os factores que inflúen no N que achega o solo (DEFRA, 2010).

Ensaos realizados co millo no CIAM amosan que o nitróxeno final estimado (N inicial no solo máis N aplicado menos N extraído pola colleita) nos casos con cultivo previo de millo ou nabos se aproxima ao N final presente no solo. No caso de incorporación ao terreo de chícharo ou cultivo previo de pradeiras (raigrás+trevo) existe unha diferenza duns 125-150 kg de N/ha. Se o cultivo previo é unha leguminosa que é recollida, a diferenza estímase en 40-50 kg de N/ha. Polo tanto, é necesario fertilizar tendo en conta o cultivo precedente, pois no caso de enterrado de chícharo ou cultivo previo de pradeiras pódense reducir as doses de N recomendadas arredor dos 125 kg/ha e no caso de cultivo previo de leguminosas a devandita redución será duns 40 kg/ha (García *et al.*, 2012). ►►

▶ A EFICIENCIA NA UTILIZACIÓN DO N POLO CULTIVO SERÁ MAIOR SE DIMINUÍMOS AS PERDAS AO MEDIO MEDIANTE UN MANEXO AXEITADO DOS FERTILIZANTES E DO XURRO



O encalado en solos ácidos é necesario para un bo aproveitamento do N polos cultivos

Resultados similares encontráronse noutros estudos. Segundo Andreu *et al.* (2006), tras dous anos de alfalfa a fertilización do millo podía diminuír entre 150 e 175 kg de nitróxeno e tras unha leguminosa entre 70 e 130 kg de N/ha. No País Vasco, en parcelas nas que non se aplicou fertilizante nitróxeno ao millo forraxeiro, a incorporación ao terreo de trevo encarnado produciu rendementos no millo semellantes ás parcelas sen cultivo no inverno nas que se aplicaron 150 kg de N/ha, observándose unha redución de nitratos por lixiviación de 124 a 47 kg de N/ha (Báez *et al.*, 2007).

CONCLUSIÓN

O nitróxeno é un elemento principal na fertilización e xoga un papel fundamental no desenvolvemento e rendemento dos cultivos. As doses de fertilización nitróxenoada teñen que satisfacer as extraccións que realiza a colleita, sendo necesario un encalado en solos ácidos e un coñecemento da riqueza nitróxenoada do fertilizante mineral e orgánico. A eficiencia na utilización do N polo cultivo será maior se diminuímos as perdas ao medio mediante un manexo axeitado dos fertilizantes minerais e do xurro (momento, técnicas e condicións de aplicación e/ou uso de aditivos). Tamén se poden realizar prácticas que permitan diminuír o nitróxeno achegado, como é ter en conta o cultivo precedente e a fixación de N polas 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 inverno 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. Adubado 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