

LA TRANSFERÈNCIA DE CONEIXEMENT SOBRE FERTILITZACIÓ NITROGENADA DELS CULTIUS A LES COMARQUES DE GIRONA

**FRANCESC DOMINGO OLIVÉ;¹ ALBERT ROSELLÓ MARTÍNEZ;³
JOSEP MARIA PAGÈS GRAU;³ JAUME BOIXADERA LLOBET;³
JOAN SERRA GIRONELLA;³ NARCÍS TEIXIDOR ALBERT³**

¹ PLA PER LA MILLORA DE LA FERTILITZACIÓ NITROGENADA, MAS BADIA,
INSTITUT DE RECERCA I TECNOLOGIA AGROALIMENTÀRIES

² ESTACIÓ EXPERIMENTAL AGRÍCOLA MAS BADIA, ÀREA DE CONREUS
EXTENSIVS, INSTITUT DE RECERCA I TECNOLOGIA AGROALIMENTÀRIES

³ SERVEI DE PRODUCCIÓ AGRÍCOLA, DEPARTAMENT D'AGRICULTURA,
ALIMENTACIÓ I ACCIÓ RURAL

francesc.domingo@irta.cat

Resum

La fertilització nitrogenada dels cultius és un aspecte important del maneig d'aquests tant des d'un punt de vista productiu, com econòmic i ambiental. Cada cop hi ha més coneixement científic de molts aspectes relacionats amb la fertilització nitrogenada i amb els diferents processos del cicle del nitrogen (N) en sistemes agraris (producció dels cultius, qualitat, rentat de nitrats, etc.). Sovint, però, es produeixen incerteses en el moment de fer recomanacions pràctiques per parcel·les i individualitzades als agricultors que són, en definitiva, els que gestionen el N a l'agricultura. Aquestes incerteses són degudes normalment a una certa manca en les experimentacions a escala local per a ajustar les pràctiques

de fertilització, especialment les relacionades amb el maneig de dejeccions ramaderes i materials orgànics, i per a adaptar l'ús de la tecnologia a aquestes condicions locals. En aquesta comunicació es detalla l'evolució i l'estratègia seguida a les comarques de Girona per a realitzar la transferència del coneixement a partir de l'experimentació a escala local sobre la fertilització nitrogenada dels cultius extensius.

1. Introducció

La producció de cereals ocupa a Girona una superfície de 13.421 ha, distribuïda en secà (68 %) i regadiu (32 %) (MAPA, 2004). Els cultius que predominen són l'ordi i el blat cultivats en secà, generalment dins una rotació de conreus amb altres cereals d'hivern (raigràs), proteaginoses i, en menor proporció, oleaginoses. A les zones regables, el monocultiu de blat de moro és el sistema de productiu més estès, on es combina la producció de gra i de farratges emmarcada dins l'explotació ramadera, on en ocasions el doble cultiu de blat moro farratger i raigràs se succeeixen en el mateix any. El litoral de Girona presenta una cabana ramadera important, on predominen explotacions de porcí (principalment engreix) i de vaquí de llet (en retrocés el nombre d'explotacions els últims anys) que generen dejeccions ramaderes que cal gestionar. L'Administració, a través de la definició de zones vulnerables i l'elaboració del Codi de bones pràctiques, ha marcat unes pautes generals de gestió del N per a l'agricultura. A part d'aquestes indicacions genèriques, cal també aplicar mesures a escala i condicions locals per a ajustar les pràctiques de fertilització especialment relacionades amb el maneig de les dejeccions ramaderes. D'aquesta manera, a partir d'experimentació en condicions locals de dosificacions i desenvolupament de tecnologies d'ajut a la decisió, s'ha establert un servei d'assessorament personalitzat i per parcel·les per millorar la gestió dels adobs nitrogenats, ja siguin orgànics i/o minerals.

2. Experimentació i metodologia per a recomanacions

Des de l'any 2001 l'experimentació a llarg termini amb l'aplicació repetida de fems mostra una poca resposta dels cultius (blat i ordi) a la fertilització nitrogenada. Aquesta tendència es manifesta any rere any amb un increment de la producció significatiu tan sols a les parcel·les on s'han aplicat fems sense adobament mineral o només 40 kgN mineral/ha⁻¹, sense aplicació de fems. Aportacions més elevades (80 i 120 kgN/ha⁻¹) no generen increments significatius en la producció. En el cas d'assaig amb purins, es produeix un fet similar: aplicant 25 m³/ha⁻¹ de purins en fons o 50 kgN/ha⁻¹ amb adob mineral, la producció augmenta respecte de les parcel·les testimoni; en canvi no s'aprecien diferències significatives entre les dosis indicades i les superiors (figura 1). En assaigs plantejats anualment (iniciats el 1992) la tendència també és a obtenir baixa resposta a la fertilització nitrogenada (Serra *et al.*, 2001; Ramos, 2005).

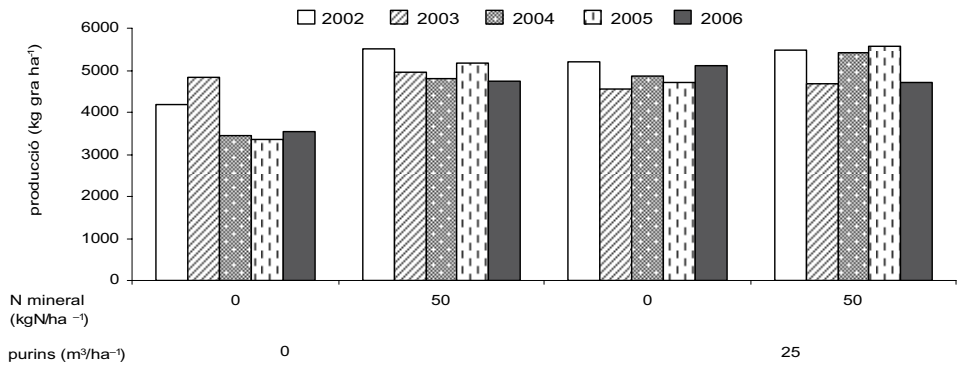


Figura 1. Producció des de la campanya 2002 en l'assaig amb l'aplicació de purins a llarg termini amb combinació amb adob químic mineral (la Tallada d'Empordà).

En blat de moro, amb l'aplicació de fems en fons existeix resposta a l'adobat mineral de cobertura aplicat a 6-8 fulles. En assaigs es mostra que la producció de gra augmenta en aplicar 100 kgN/ha⁻¹ d'adob mineral sigui quina sigui l'aplicació de fons amb fems. Ara bé, les parcel·les que reben més fems (60 Mg/ha⁻¹) tenen més producció que aquelles que n'han rebut 0 o 30 Mg/ha⁻¹. A partir dels 100 kgN/ha⁻¹ la producció no augmenta significativament en augmentar la dosi d'adobament, però sí la quantitat de N lixiviat per sota d'1,20 m. Durant el desenvolupament del cultiu del blat de moro i el període hivernal, es va mesurar el rentat de nitrats per sota d'1,20 m. Durant el cultiu del blat de moro, es produeixen poques pèrdues per rentat perquè la planta presenta una elevada exigència hídrica. Durant el període hivernal es produeixen rentats importants lligats a les pluges i una elevada concentració de N romanent al sòl.

Per minimitzar aquestes pèrdues de rentat es va iniciar la línia d'investigació de cultius captadors de nitrogen. En aquest sentit l'experimentació mostra un desenvolupament correcte de plantes de la família de les gramínies (raigràs i civada) i de la família de les crucí-

Taula 1. Percentatge d'assaigs on es produeix increment de la producció o no quan s'apliquen 40 kgN/ha⁻¹ respecte a la producció sense fertilitzar, agrupats segons el N/min (0-0,9 m) en el moment de la cobertura de N

N min (0-0,9 m) cobertura	Nombre d'assaigs	Increment de la producció	
		>250 kg gra/ha ⁻¹	<250 kg gra/ha ⁻¹
0-20	13	38	62
20-70	13	23	77
<70	9	11	89

Taula 2. Moments, mètodes, variables, paràmetres i criteris considerats en l'estratègia per a la recomanació d'adobats nitrogenats en cereal d'hivern al Baix Empordà

Moment de recomanació	Mètode usat / Resultat que s'obté (unitats)	Variables considerades	Paràmetres que hi influeixen	Criteris de recomanació
Abans de la sembra	Balanç de N del cultiu precedent	- N mineralitzat l'any anterior - N aportat amb l'adob mineral	Zona agroclimàtica	Si N-OCT > 40 Recomanació: No adobar
	$N-OCT (Kg N/ha^{-1}) = N \text{ romanent en el sòl a l'inici d'octubre}$	- N aportat amb adobs orgànics en anys anteriors - N a causa de prats i lleguminoses - N aportat amb l'aigua de reg - N consumit pel cultiu	Tipus d'adob, moment i freqüència d'aplicació	Si N-OCT < 40 Recomanació: aportació d'un màxim de 40 UN/ha ⁻¹
Inici fillolament a inici d'encanyat	Balanç de N per al cultiu actual	- N romanent al sòl a l'inici d'octubre - Rentat hivernal - N mineralitzable durant el cultiu - N aportat amb adobs orgànics en anys anteriors - N a causa de prats i lleguminoses	Balanç de N pel cultiu precedent	Si N-ADOB < 0 Recomanació: No adobar
	$N-ADOB (Kg N/ha^{-1}) = Quantitat de N que cal aportar al cultiu =$ - aportacions del sòl - necessitats del cultiu		Tipus de sòl, pluges hivernals cultiu precedent	Si N-ADOB > 0 Recomanació: Aportar entre el 40 i el 60 % de N-ADOB
			Zona agroclimàtica	
			Tipus d'adob, moment i freqüència d'aplicació	
			Tipus de prat o cultiu i temps des de l'enterrat	



Tipus de sòl, sistema de reg, volum aportat i contingut en N		Producció, cultiu i aprofitament	
- N aportat amb l'aigua de reg		- Necessitats del cultiu	
Encanyat fins a fulla bandera	Avaluació estat nutricional mitjançant sensors òptics	- Estat nutricional del cultiu	Si ENC > 98 Recomanació: No adobar
	$ENC(\%) = \frac{\text{Relació, expressada en percentatge, entre l'estat nutricional del cultiu (adimensional) i el del cultiu a la zona sobrefertilitzada (adimensional)}}{100}$	- Estat nutricional del cultiu en una zona sobrefertilitzada	Si ENC < 98 i > 95 Recomanació: Avaluar de nou 7-10 dies més tard Si ENC < 95 Recomanació: Aportar N-ADOB restant

feres (colza farratgera), adaptades a les condicions hivernals de la zona i amb unes extraccions durant l'hivern entre 40 i 50 kgN/ha⁻¹ per a colza i civada, respectivament (Roselló, 2006). L'efecte de l'enterrament de les restes de blat de moro previ a la instauració dels cultius captadors provoca l'efecte de fam de nitrogen, i mobilitza N del sòl per a degradar la pallerassa i alliberar posteriorment, i produeix un efecte diferent en el comportament de les dues famílies de cultius captadors.

El test de diferents tècniques per a la gestió de la fertilització no mostra bons resultats en totes ni en totes les condicions aplicades. Un exemple n'és la utilització del contingut de N al sòl (N_{min}) per a la predicció de la dosi d'adobament a aportar (taula 1). En els casos que el contingut de N_{min} al sòl és alt es presenta com a una bona eina per a predir la manca de necessitat d'adobar, però per a continguts (N_{min}) baixos no prediu adequadament la dosi de N a aportar. Es van obtenir resultats similars amb l'aplicació de la tècnica de l'N_{min} per a blat de moro (Camps, 2005). Per a explicar aquest fet, és possible remetre'ns als càlculs de mineralització anual, calculats amb el mètode-programa LIXIM, que per al blat de moro poden ser al voltant de 140 kgN/ha⁻¹/any⁻¹ (Domingo *et al.*, 2005).

Contràriament, altres mètodes utilitzats, com els sensors òptics (Hydro N-Tester) per a la mesura de l'estat nutricional de la planta, obtenen bons resultats i en permeten la utilització com a eina de decisió i d'assessorament.

Els resultats de recerca amb adobs orgànics, gestió del N i test de noves tecnologies, permeten la selecció d'estratègies adaptades a cada zona per les recomanacions de N en cereals d'hivern i blat de moro (Domingo *et al.*, 2003). L'estratègia adoptada consisteix en l'ús del mètode adaptat del balanç de N (Sió *et al.*, 1999), basat en la informació de les pràctiques culturals i productives del conreu anterior i el maneig del cultiu actual, tenint en compte els condicionants climàtics i de sòls. Aquesta metodologia genera les necessitats d'adobament nitrogenat del cultiu actual per aplicacions de fons tant per a cereals d'hivern com per a blat de moro. Aquest mètode es combina, per a recomanacions de cobertora, amb mètodes relatius de mesura de l'estat nutricional del cultiu amb sensors òptics amb referència a una parcel·la sobrefertilitzada. L'aplicació d'aquesta metodologia de recomanació és possible en cereal d'hivern i blat de moro, si bé en aquest últim cas només és possible en reg per aspersió, que permet el fraccionament de l'aplicació de N.

La variabilitat elevada del contingut de nutrients del purí crea també incertesa en les estimacions de N aportat amb aquests materials. Per tal de disminuir-la, es van testar diferents sistemes de mesura ràpida dels nutrients en purins. Entre aquests, el Quantofix® i la mesura de la conductivitat elèctrica es van mostrar eficients per a determinar la concentració de nutrients del purí abans de l'aplicació i així ajustar-ne la dosi.

Tota aquesta experimentació ha conduït a l'elaboració d'una metodologia específica per a l'elaboració de les recomanacions en cada moment d'aportació del nitrogen, identificant les variables que hi intervenen (taula 2).

El Servei d'Assessorament a la Fertilització Nitrogenada es va crear amb l'objectiu principal de fer recomanacions seguint estratègies adaptades a cada localitat i condicions de maneig, sòl i clima, per a millorar la gestió de la fertilització al Baix Empordà. Des de l'inici va comptar amb la dedicació d'un tècnic per a realitzar la tasca. En una primera fase es va crear el Servei d'Assessorament per al Cereal d'Hivern. Els resultats d'experimentació fins al moment donaven informació útil (p. ex., baixa resposta del cereal a l'aportació de N), que calia ser transferida al sector, ja que era possible una millora del sistema amb petites actuacions puntuals.

La posada en marxa del mateix Servei, però adaptat per al blat de moro, es va iniciar en una segona fase. El maneig del blat de moro inclou el reg i aquest condiciona l'aplicació de les cobertores, així es va necessitar més temps per a obtenir dades d'experimentació concloents per a la realització de recomanacions. Finalment, la creació del Servei de mesura dels purins MEPUR va permetre millorar-ne les aplicacions tant al cereal d'hivern com al blat de moro. Durant la trajectòria del Servei s'han realitzat diferents activitats de transferència: cursos pràctics entorn de la temàtica de gestió de nitrogen (visites als assaigs esmenats), viatges tècnics consistents en visites a zones amb problemàtica similar, enviament periòdic de fulls informatius amb recomanacions genèriques d'utilitat per als agricultors, etc.

Durant aquest temps s'hi han involucrat les principals institucions locals, associacions, grups i agricultors. La bona acollida del Servei per part de les associacions d'agricultors ha tingut un paper molt important en el bon funcionament de les iniciatives plantejades. Una prova n'és que inicialment el Servei d'Assessorament donava cobertura a la zona del Baix Empordà i avui s'han unit esforços de les administracions i les associacions implicades per al desplegament territorial i ampliació del Servei a l'Alt Empordà i la Garrotxa.

3. Agraïments

Aquest treball ha estat finançat en part pel projecte de transferència tecnològica TRT2006-00036-00-00, finançat per INIA i cofinançat per FEDER i el Pla per la Millora de la Fertilització Nitrogenada finançat per la Generalitat de Catalunya (Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural).

Bibliografia

CAMPS, P. (2005), «Avaluació de diferents eines d'ajut per a la presa de decisions en les recomanacions de fertilització nitrogenada en blat de moro», TFC, ESAB-UPC.

DOMINGO, F.; SERRA, J.; TEIXIDOR, N.; PAGÈS, J. M. (2003), «Estratègies i eines en la fertilització nitrogenada dels cereals d'hivern», *Entre Camps i Animals*, núm. 43, p. 23-25.

DOMINGO, F., ROSELLÓ, A.; SERRA, J. (2005), «Mesura de la mineralització de N del sòl. Implicacions en la gestió del N en blat de moro», *Seminari ICEA: La gestió del N a l'agricultura*.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2004), «Superficies y producciones de cultivos», *Anuario de estadística agroalimentaria 2004*.

PROVOLO, G.; MARTÍNEZ-SÜLLER, L., «In situ determination of slurry nutrient content by electrical conductivity», *Bioresource technology*, Bioresource Technology, núm. 98 (17), p. 3235-3242.

RAMOS, B. (2005), «Influència de l'aportació continuada de fems de boví i de fertilitzant nitrogenat en el rendiment i en el rentat de nitrogen nítric d'un cultiu de blat de moro en regadiu», ETSEA-UdL [Projecte de final de carrera]

ROSELLÓ, A (2006), «Eficàcia de dos cultius captadors de nitrogen en funció del seu moment d'enterrat i el maneig de les restes del cultiu anterior», ETSEA-UdL [Projecte de final de carrera]

SERRA, J.; TEIXIDOR, N.; SIÓ, J.; DOMINGO, F.; SALVIA, J.; BOIXADERA, J. (2001), «Sistemas de ayuda a la decisión para la fertilización nitrogenada en los cultivos de trigo blando y maíz», *Boletín Informativo IRTA*, núm. 68.

SIÓ, J.; SERRA, J.; TEIXIDOR, N.; BOIXADERA, J. (1999), «Desenvolupament d'una metodologia per a la millora de les recomanacions en la fertilització nitrogenada dels cereals d'hivern», *Dossiers Agraris*, núm. 5 [ICEA], p. 73-88.