

DESENVOLUPAMENT D'UNA METODOLOGIA PER A LA MILLORA DE LES RECOMANACIONS EN LA FERTILITZACIÓ NITROGENADA DELS CEREALS D'HIVERN

(I) CEREALS D'HIVERN A LA CATALUNYA INTERIOR

Jaume Sió,* Joan Serra, Narcís Teixidor*** i Jaume Boixadera***

RESUM

Es va realitzar una sèrie d'assaigs d'adobat nitrogenat en diferents comarques de la Catalunya interior. En el conjunt d'aquests assaigs es varen comprovar tres mètodes diferents que es va considerar que eren prometedors per tal de millorar la fertilització nitrogenada.

Els mètodes assajats eren el mètode del balanç de nitrogen, el del nitrogen mineral i el del contingut de nitrats al suc de la base de les tiges (CNSBT).

Els sòls on es van realitzar els assaigs no presentaven cap limitació especial per al cultiu del blat i eren profunds, ben drenats, no salins i de textura mitjana; l'única excepció era un assaig sobre sòl moderadament profund. Per tant, i també pel que fa a la fertilitat química, els sòls s'han de considerar d'un potencial productiu mitjà-alt.

El mètode del balanç de nitrogen s'ha mostrat com a molt prometedor de cara a definir si cal la magnitud de l'adobat de cobertura per a les condicions estudiades. El mètode de nitrogen mineral també ha estat efectiu en aquest sentit, mentre que el del CNSBT s'ha revelat com a no aplicable en les condicions assajades, on en molts casos l'aigua és també factor limitant.

Al llarg dels assaigs s'han identificat un seguit de factors que impedeixen ajustar la fertilitat nitrogenada. Entre aquests cal esmentar la mala estimació de la producció objectiu, la dificultat de predir el N disponible a partir dels adobs orgànics, dificultats de mostreig pel nitrogen nítric i l'efecte crític que té l'erràtica disponibilitat d'aigua que complica molt l'estratègia de fertilització nitrogenada a adoptar.

PARAULES CLAU: blat, ordi, adobat nitrogenat, càlcul dosi, mètode balanç nitrogen.

* Secció d'Avaluació de Recursos i Noves Tecnologies DARP. Rovira Roure, 177. 25006 Lleida.

** Fundació Mas Badia. 17134 La Tallada d'Empordà (Girona).

*** Servei d'Agricultura. DARP. Mas Badia. 17134 La Tallada d'Empordà (Girona).

RESUMEN

Se realizó una serie de ensayos de abonado nitrogenado en diferentes comarcas de la Cataluña interior. En el

conjunto de estos ensayos se comprobaron tres métodos diferentes que se consideró eran prometedores para la mejora de la fertilización nitrogenada.

Los métodos ensayados eran el método del balance de nitrógeno, el del nitrógeno mineral y el del contenido de nitratos en el jugo de la base de los tallos (CNSBT).

Los suelos donde se realizaron los ensayos no presentaban ninguna limitación especial para el cultivo del trigo y eran profundos, bien drenados, no salinos y de textura mediana; la única excepción era un ensayo sobre suelo moderadamente profundo. Por lo tanto, también por lo que respecta a su fertilidad química, los suelos deben considerarse de un potencial productivo mediano-alto.

El método del balance de nitrógeno se ha mostrado como muy prometedor de cara a definir si hace falta la magnitud del abonado de cobertera para las condiciones estudiadas. El método de nitrógeno mineral también ha sido efectivo en este sentido, mientras que el del CNSBT se ha revelado como no aplicable en las condiciones ensayadas donde en muchos casos el agua es también un factor limitante.

A lo largo de los ensayos se han identificado una serie de factores que impiden ajustar la fertilidad nitrogenada. Entre estos es preciso citar la mala estimación de la producción objetivo, la dificultad de predecir el N disponible a partir de los abonos orgánicos, dificultades de muestreo para el nitrógeno nítrico y el efecto crítico que tiene la

errática disponibilidad de agua que complica mucho la estrategia de fertilización nitrogenada a adoptar.

PALABRAS CLAVE: trigo, cebada, abono nitrogenado, cálculo dosis, método balance nitrógeno.

SUMMARY

Several field experiments on nitrogen fertilisation for wheat under rainfed conditions were carried out at different sites within central Catalonia. Three different methods that are considered interesting for the improvement nitrogen fertilisation practices were tested.

These were the nitrogen balance method, the mineral nitrogen method and the nitrate content at the base of the stem method (CNSBT).

All the experiments were conducted on deep, well drained, non-saline and medium-textured soils and there was no limited for wheat crop development, with the only exception of one of the trials that was carried out on a moderately deep soil. So, these soils can be considered as having a medium-high production potential. This is also true from the point of view of chemical fertility.

Under the conditions studied the nitrogen balance method has shown to be very powerful, on the studied conditions, for determining fertiliser needs. The mineral nitrogen method was also very effective for this purpose. On the other hand the CNSBT method was not useful on the sites studied, where rain-

fall is usually a limiting factor for crop growth.

Several factors which do not allow an adequate adjustment of nitrogen fertilisation, were identified. These were a poor estimation of the objective yield, the difficulty for predicting the available nitrogen from organic fertilisers, the difficulty of soil sampling for nitrate determination and the bottleneck for nitrogen fertilisation strategy that random distribution on time of water availability represents.

KEY WORDS: wheat, barley, nitrogen fertilizer, estimated dose, nitrogen balance-sheet method.

1. INTRODUCCIÓ

Els cereals de secà ocupen 273.520 ha (DARP, 1996), que representen el 35,5 % de la superfície agrària útil de Catalunya. En moltes comarques el conreu del cereal és una de les poques alternatives agrícoles possibles, i per tant té una gran importància tant pel que fa a ocupació del territori com a manteniment d'un teixit productiu i social. El cultiu dels cereals està sotmès a la influència de la PAC i tal com s'indica en l'Agenda 2000 els preus comunitaris s'hauran d'anar igualant amb els que regeixen en el mercat mundial i les pèrdues de renda estaran compensades per ajuts directes al productor. Aquest context incrementarà la necessitat de reduir costos i dins aquest capítol, la fertilització, tant el valor del fertilitzant com el del cost d'aplicació no en seran aliens. Segons dades del SAEMA (1996) pertanyents a explotacions de secà de la Noguera, el Segrià i

l'Urgell el cost mitjà de la fertilització mineral d'ordi, en el període 1993-95, ha estat de 10.410 ptes./ha, que representa el 52,8 % de les despeses directes i el 17,7 % del marge brut, molt superior al què es dona en cultius més intensius. En el cas del blat a comarques més humides com el Solsonès, dades del SAEMA (1996) corresponents a l'any 1996, el cost de la fertilització mineral era de 13.482 ptes./ha, que representa el 13,6 % del marge brut. Les dades recollides pel SAEMA també posen de manifest que en moltes explotacions, al marge de la fertilització mineral, també s'apliquen fertilitzants orgànics, en molts casos no previstos adequadament a l'hora de programar la fertilització mineral.

Les pràctiques de fertilització i especialment la fertilització nitrogenada, al marge de la forta incidència que tenen sobre la producció, presenten un important component medi ambiental a causa de la facilitat que tenen els nitrats per ser rentats i contaminar les aigües subterrànies. La preocupació de les diferents administracions envers la contaminació de les aigües subterrànies per nitrats es reflecteix a la Directiva 9/676/CEE del 12 de desembre de 1991 transposada a la legislació espanyola per RD 261/1996 del 16 de febrer. Aquesta legislació pretén millorar la gestió dels fertilitzants nitrogenats per reduir-ne l'impacte sobre les aigües mitjançant l'establiment de codis de bones pràctiques agràries i plans d'actuació específics per a les zones vulnerables.

En el present context és de gran importància que els agricultors i altres gestors de fertilitzants nitrogenats disposin d'eines senzilles i robustes que

els permetin establir plans de fertilitzacions ajustats a les necessitats reals del cultiu i que considerin la dinàmica del nitrogen en el sòl especialment quan són fertilitzants orgànics. En la bibliografia es poden trobar programes com el Ramse i Jubil desenvolupats a França per *Opticoop Systèmes* i l'*Institut Technique des Céréales et des Fourrages* (ITCF) (Courtois, 1996) o també es poden trobar models més complexos i que donen major importància a la simulació del cultiu com els de la família CERES (Jones i Kiniry, 1986), que inclou models per diversos cultius de cereals. Molts d'aquests models podrien donar resposta, però són complexos i moltes de les dades que necessiten estan fora de l'abast dels potencials usuaris.

En aquest sentit el mètode del balanç de nitrogen que ha desenvolupat per la zona del sud-oest de França l'ITCF, malgrat que pugui ser menys precís, reuneix les condicions desitjades per a una àmplia difusió a les explotacions cerealistes. Per tal de validar aquest mètode i reunir la suficient informació per poder-lo ajustar a les condicions de Catalunya, la *Secció d'Avaluació de Recursos i Noves Tecnologies* del DARP i la *Fundació Mas Badia* van iniciar a l'any 1992 tota una sèrie d'experiències en cereals d'hivern i en condicions de secà.

En aquesta publicació es presenten per separat els resultats obtinguts a la demarcació de Lleida i a les comarques de Girona i Barcelona. Com que representen situacions agroclimàtiques diferents, en la presentació de resultats també s'ha volgut fer esment d'aquesta diversitat de situacions. En l'anàlisi dels

resultats de la demarcació de Lleida s'ha posat més èmfasi en la validació del mètode del balanç i en els resultats de zones amb major potencial productiu, com són les de Girona i Barcelona, s'ha avaluat el comportament i viabilitat d'emprar l'anàlisi del nitrogen mineral en forma nítrica (Nmin) i el contingut de nitrats al suc de la base de les tiges (CNSBT) com a mètodes complementaris del balanç de nitrogen.

2. MATERIAL I MÈTODES

En els anys 1993-1996 s'han realitzat quatre experiències situades dins la xarxa d'assaigs de cereals de l'IRTA (anys 1994-1996) i d'Extensió Agrària (1993-1994) a les localitats de Solsona, Estaràs i Santa Coloma de Queralt. Els tipus de sòls no han presentat limitacions al conreu del cereal, i s'han ubicat els assaigs sobre sòls d'un potencial productiu mitjà-alt. Així, els assaigs de Solsona (SOL-1 i SOL-3) estan ubicats sobre el mateix sòl Xerofluent típic, franc fi, mesclat (calcari) i mèsic (SSS, 1992). L'altre assaig de la mateixa localitat (SOL-2) es va situar sobre un Xerochrept fluvèntic, llimós fi, mesclat i mèsic (SSS, 1992). Els sòls de les parcel·les d'Estaràs (EST-1) i de Santa Coloma de Queralt (SCQ-1) són molt similars i també es tracta de Xerofluent típic, llimós fi, mesclat (calcari) i mèsic (SSS, 1992). Els pH són bàsics amb presència de carbonats i amb uns nivells de fertilitat mitjans-alts tal com es pot observar en la taula 1, on també s'inclouen altres característiques de les parcel·les.

Els assaigs són de blat tou, excepte EST-1, que es tracta d'ordi. En tots els ca-

TAULA I. *Característiques d'assaigs.*

Assaig	Localitat	Any	P campanya (mm) (Oct-Juny)	P mitjana (30 anys) (mm) (Oct-Juny)	Característiques del sòl						
					0-30 cm fondària						Fondària arrelable cm
					m.o. (%) (0-30 cm)	P Olsen	K AcNH ₄	Textura (USDA)	CaCO ₃ eq. (%)	CE _{1/5} (dS/m a 25 °C)	
SOL-1	Solsona	93-94	323,4	465	1,9	37,9	235	F	25,5	0,22	90-120
EST-1	Estaràs	93-94	207,4	358	2,0	46,6	271	FL	34,7	0,27	70-90
SOL-2	Solsona	94-95	420,3	465	2,2	40	388	F	24,8	0,17	120
SCQ-1	Sta.										
	Coloma	94-95	386	395	1,9	20	227	FL	43,6	0,32	50-120
SOL-3	Solsona	95-96	591	465	2,2	21	253	F	21	0,17	120

sos són sembrat de tardor amb cultiu tradicional. La sembra s'ha realitzat a meitat de novembre amb una sembradora de microparcel·la, amb una densitat de 425 llavors/m² l'any 1993-1994 i 400 llavors/m² els anys 1994-1995 i 1995-1996.

Els sistemes d'adobat són diferents entre les parcel·les, especialment pel que fa a l'ús de purins de porc i a l'adobat de fons. En els assaigs SOL-1, SOL-2 i SOL-3 l'adobat de fons és sota 32 UF Nitrogen/ha a l'any 1993-1994 o bé inexistent (1994-1995 i 1995-1996), i l'adobat orgànic és moderat amb una dosi mitjana de 30 m³/ha amb una freqüència de 2-3 anys. En l'assaig EST-1 hi ha uns antecedents més forts en aplicacions de purins de porc (40 m³/ha cada any) i en contraposició a SCQ-1 no s'aplica ni fems ni purins, però la pràctica tradicional és aplicar la major part de l'adob de fons (108 kg N/ha, 83 kg P₂O₅/ha i 57 kg K₂O/ha) en forma de 17-13-9. Els conreus precedents han estat blat a EST-1 i SCQ-1, colza a SOL-1 i SOL-2 i ordi en el SOL-3.

Totes les parcel·les són de secà i la resta de pràctiques culturals han estat les pròpies de les comarques objecte de l'assaig, excepte la recol·lecció que s'ha realitzat amb una recol·lectora de microparcel·les.

2.1. Mètodes aplicats per a determinar les necessitats d'adobat nitrogenat

Els diferents mètodes que s'han comparat i en la forma com s'han aplicat es descriuen a continuació.

2.1.1. Mètode del balanç del nitrogen

Aquest mètode es basa en valorar d'una banda les necessitats que tindrà la collita esperada (producció objectiu) i d'una altra estimar quines altres sortides de nitrogen hi pot haver (lixiviació) i les entrades que es poden produir (mineralització de la matèria orgànica, nitrogen

romanent de la collita anterior, efecte adobs orgànics: fem, purí de porc, etc.) i aportacions d'adobs nitrogenats minerals. Segons el resultat de les entrades i sortides de nitrogen el mètode indicarà la necessitat de realitzar adobat nitrogenat de cobertora i orientarà sobre la dosi més adient.

S'ha emprat la metodologia proposada per l'ITCF del sud-oest francès, adaptada a les nostres condicions per la *Secció d'Avaluació de Recursos i Noves Tecnologies* (Sió *et al.*, 1998). El mètode del balanç s'ha aplicat segons la informació facilitada per l'agricultor de les produccions i pràctiques d'adobat dels anys precedents, l'adobat de fons aplicat a la parcel·la en l'any de l'assaig i la producció esperada per aquell any. Per tal de validar els resultats obtinguts s'ha emprat el nitrogen mineral en forma nítrica en el moment de la sembra i en acabar l'hivern i s'ha comparat amb el nitrogen romanent a l'octubre i final d'hivern.

2.1.2. Mètode del nitrogen mineral

Aquest mètode consisteix en determinar les disponibilitats de nitrogen mineral (nítric + amoniacal) dins la fondària arrelable del sòl. En el moment de l'afillolament segons aquest resultat i la previsió de collita s'aplicarà l'adobat de cobertora.

Quan les condicions de conreu són favorables, l' NH_4^+ és ràpidament oxidat a NO_3^- pels bacteris nitrificadors del sòl i els continguts de NH_4^+ són generalment baixos excepte en els períodes que segueixen a una aplicació de ferti-

lizants nitrogenats (Breitenbeck i Boquet, 1992). Per simplificar les anàlisis s'ha mesurat únicament el contingut de nitrogen en forma nítrica que hi ha en els primers 120 cm del sòl o la fondària arrelable i amb intervals de 30 cm. S'han realitzat escandalls en el moment de la sembra (2 sondeigs per bloc), en el moment de l'afillolament (2 sondeigs per bloc) i després de la collita (1 sondeig per parcel·la elemental). Les anàlisis s'han realitzat en extracte del sòl 1:1 amb el mètode colorimètric (tires Merckoquant[®] i un lector Nitratecheck[®]).

2.1.3. Contingut de nitrats al suc de la base de les tiges (CNSBT)

És una mesura indirecta per avaluar el nivell de nutrició nitrogenada de les plantes. Consisteix en extreure suc de la base de les tiges i mesurar el contingut en nitrats. La metodologia per extreure el suc consisteix en separar la tija de la planta principal dels fillols i de les arrels, treure les fulles que l'envolten i de la part de la base de color blanc tallar-ne uns 4-5 cm. Aquest procés es repeteix per a un mínim d'entre 40 i 60 plantes.

Una vegada es tenen les bases de les tiges preparades, es col·loca un grup de 15-20 en una premsa, feta per a aquest fi, i mitjançant la pressió realitzada per un èmbol mogut pel moviment d'un cargol, s'extreu suc. Aquest suc en general té un contingut en nitrats molt elevat i s'han fet dilucions per tal d'ajustar la concentració de la solució a la banda de millor precisió del Nitratecheck[®] (50-150 ppm) que ha

estat l'aparell emprat per realitzar les mesures.

2.2. Disseny experimental

S'ha fet un disseny de blocs a l'atzar amb 4 repeticions i amb 6 parcel·les elementals per bloc. Cada parcel·la elemental té unes dimensions d'1,20 m × 10 m. A efectes de valorar la producció s'ha considerat 1,35 m d'amplada l'any 1993-1994, i 1,20 m els anys 1994-1995 i 1995-1996.

Els primers 1,5 metres de cada parcel·la s'han emprat per extreure plantes a fi de mesurar els nitrats de la base de les tiges i no s'han tingut en compte per a la producció.

El tractament estadístic de les dades s'ha fet emprant el programa SAS, amb dues opcions: considerant que el tractament dosis i èpoques és una variable qualitativa no estructurada (separació de mitjanes) i considerant que és una variable qualitativa estructurada (contrast d'hipòtesis).

2.3. Tractaments

Plantejament inicial: es pretenia aplicar ± 50 UF N/ha a la dosi d'adobat de cobertura que ens donés el balanç del N i comparar-lo amb els resultats de la combinació del mètode balanç i els mètodes alternatius del NO₃ base de les tiges i del N mineral. Ja que es repetien molts tractaments es va optar per una gradació de dosis i èpoques d'aplicació, tal com es recull a la taula II. L'adob de cobertura ha estat aplicat en forma de nitrat amònic del 33,5 % N (50 % en forma nítrica i 50 % en forma amoniacal).

Les variables que s'han avaluat són producció, pes específic i contingut de nitrogen en forma nítrica en el moment de la sembra, inici d'afillolament i després de la collita.

El CNSBT es va avaluar sobre una mostra de 40 plantes a espiga a 1 cm i encanyat a SOL-1 i EST-1, i només a l'encanyat SOL-2, SOL-3 i SCQ-1. En l'assaig SOL-1 les pluges del mes d'abril i maig van aconsellar fer un quart escandall en el moment de l'espiga.

TAULA II. *Dosis i èpoques d'adobat nitrogenat (UF/ha) aplicades en els diferents assaigs.*

Tractament	SOL-1	EST-1	SOL-2	SCQ-1	SOL3
1	0	0	0	0	0
2	60 [F]	30 [F]	40 [F]	30 [F]	50 [F]
3	90 [F]	60 [F]	80 [F]	60 [F]	100 [F]
4	120 [F]	90 [F]	120 [F]	30 [M]	150 [F]
5	60 [M]	30 [M]	80 [M]	60 [M]	100 [M]
6	120 [M]	60 [M]	80 [A]	60 [A]	100 [A]

[F]: Inici d'afillolament (Zadocks 13).

[M]: Espiga a 1 cm (Zadocks 30).

[A]: Encanyat (Zadocks 33-34).

3. RESULTATS

Els sòls on s'han realitzat els assaigs no presenten cap limitació clara al desenvolupament del cereal. En l'assaig SOL-1, es tracta d'un vessant on la fondària arrelable oscil·la entre 90 i 120 cm. Aquest fet és més accentuat en l'assaig SCQ-1 on la fondària arrelable varia de 50 fins a 120 cm. En ambdós casos la disposició dels blocs preveia aquest fet.

La climatologia dels anys 1993-1994 i 1994-1995 ha estat marcada per unes precipitacions més baixes del normal

els mesos de febrer, març i abril i com a conseqüència d'això s'han produït problemes d'estrès hídric en el cereal. L'any 1995-1996 destaca per unes pluges molt fortes en els mesos de desembre i gener que van dificultar l'arrelament i van incrementar el rentat de nitrats. Durant la primavera les pluges també van ser abundants, cosa que va evitar els períodes d'estrès hídric però va incrementar la incidència de malalties.

En l'assaig SOL-2, les altes produccions obtingudes no corresponen a les precipitacions de l'any, sinó que són

TAULA III. Resultats de l'aplicació del mètode del balanç del nitrogen (ITCF del sud-oest modificat SARNT) a les condicions de les finques de Solsona (SOL-1, SOL-2), Estaràs (EST-1) i Sant Coloma de Queralt (SCQ-1).

Paràmetres del balanç	Kg/ha				
	SOL-1	EST-1	SOL-2	SCQ-1	SOL-3
(a) Nitrogen mineralitzat any anterior	80	80	80	80	80
(b) Nitrogen aportat al conreu precedent	96	160	77	145	102
(c) Nitrogen consumit pel conreu precedent	126	162	144	96	75
(d) Nitrogen romanent 1r octubre (a + b - c)	50	88	13	129	107
(e) Nitrogen romanent a sortida d'hivern (1r març) (d × coeficient lligat al rentat)	50	78	9	84	53
(f) Mineralització de l'humus	30	30	30	30	30
(g) Efecte adobs orgànics naturals (purins de porc)	15	48	16	0	8
(h) Total aportació pel sòl (e + f + g)	95	156	55	114	91
(i) Necessitat conreu	165	122	181	148	181
(j) Adobat fons	32	0	0	109	0
Necessitats a aportar en l'adobat cobertora (i-h-j)	38	0	126	0	90
		(superàvit 34 kg/ha)		(superàvit 75 kg/ha)	

Les produccions objectiu considerades són: EST-1 i SCQ-1 (4.500 kg/ha), SOL-1 (5.000 kg/ha), SOL-2 (5.500 kg/ha) i SOL-3 (5.500 kg/ha).

TAULA IV. Produccions obtingudes (13 % humitat) en els assaigs de Solsona 1993-1994 (SOL-1), Estaràs 1993-1994 (EST-1), Santa Coloma de Queralt 1994-1995 (SCQ-1), Solsona 1994-1995 (SOL-2) i Solsona 1995-1996 (SOL-3), segons els diferents tractament d'adobat nitrogenat

Tractament ²	Kg/ha de gra al 13 % humitat				
	SOL-1	EST-1	SOL-2	SCQ-1	SOL-3
1	4.900a	5.410a	3.901a	7.666a	4.150c
2	5.723b	5.560a	3.933a	7.792ab	5.443b
3	5.675b	5.585a	4.043a	8.580a	6.386a
4	5.958b	5.293a	4.088a	8.168a	6819a
5	5.932b	5.583a	3.946a	8.666a	6.325a
6	5.900b	5.567a	3.676a	8.601a	5.506b
Tractament	xxx	ns	ns	xx	xxx
Control vs adobat N	xxx	ns	ns	xxx	xxx
Aplic. N ¹ febrer vs març	ns	ns	ns	ns	ns
Aplic. N ¹ febrer vs abril	-	-	ns	ns	xxx
Aplic. N ¹ març vs abril	-	-	ns	ns	xxx

x, xx, xxx significatius a la probabilitat de 0,05, 0,01 i 0,001 respectivament.

1 Febrer corresponent al moment de l'afillolament, març a inici encanyat i abril a meitat encanyat.

2 Tractament: veure taula II.

conseqüència de les característiques de la parcel·la on estava ubicada l'experiència (fons de vall amb aportació lateral d'aigua). En l'assaig SCQ-1 una forta gelada primaveral va destruir moltes espigues i va reduir significativament el potencial productiu. En contrapartida, no s'ha produït ajagut en cap dels cinc assaigs.

3.1. Mètode del balanç del nitrogen

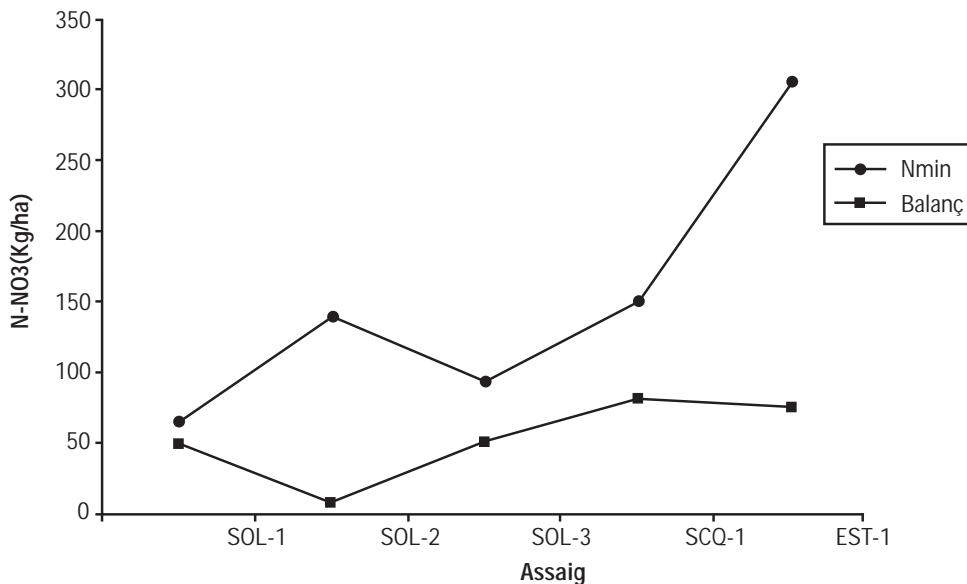
L'aplicació del mètode del balanç (taula III) ha estat una bona eina en la presa de decisió de la necessitat d'aplicar adobat de cobertora. En els assaigs SOL-1, SOL-2 i SOL-3 calia aplicar adobat de cobertora tal com es demostra en la resposta obtinguda en la producció (taula IV) i en els assaigs SCQ-1 i EST-1,

on el mètode del balanç aconsellava no realitzar adobat de cobertora i en els resultats d'aquests assaigs no hi va haver respostes a l'adobat (taula IV).

Aquests bons resultats del mètode del balanç en la presa de decisió també s'han complert en les dosis a aplicar en cobertora; però no han estat tan encoratjadors en l'estimació d'alguns dels components com pot ser el nitrogen mineral romanent a la sortida de l'hivern (figura 1).

En els assaigs realitzats a Solsona (SOL-1 i SOL-2) tot i haver-hi una resposta positiva a l'adobat nitrogenat, no s'han observat diferències significatives entre les dosis i moments d'aplicació (taula IV). Com tampoc no s'han vist efectes de l'adobat nitrogenat sobre el

FIGURA 1. Comparació del contingut en nitrogen romanent a la sortida de l'hivern, segons el mètode del nitrogen mineral (N_{min}) i segons el mètode del balanç de nitrogen (balanç) en els assaigs de Solsona (SOL-1, SOL-2, SOL-3), Estaràs (EST-1) i Santa Coloma de Queralt (SCQ-1) a les campanyes 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996.



pes específic (dades no mostrades). En l'assaig SOL-3 tampoc no hi ha hagut diferències entre les aplicacions durant l'afillolament i l'inici de l'encanyat. D'altra banda, les aplicacions més tardanes (meitat de l'encanyat) sí que han vist minvats els rendiments.

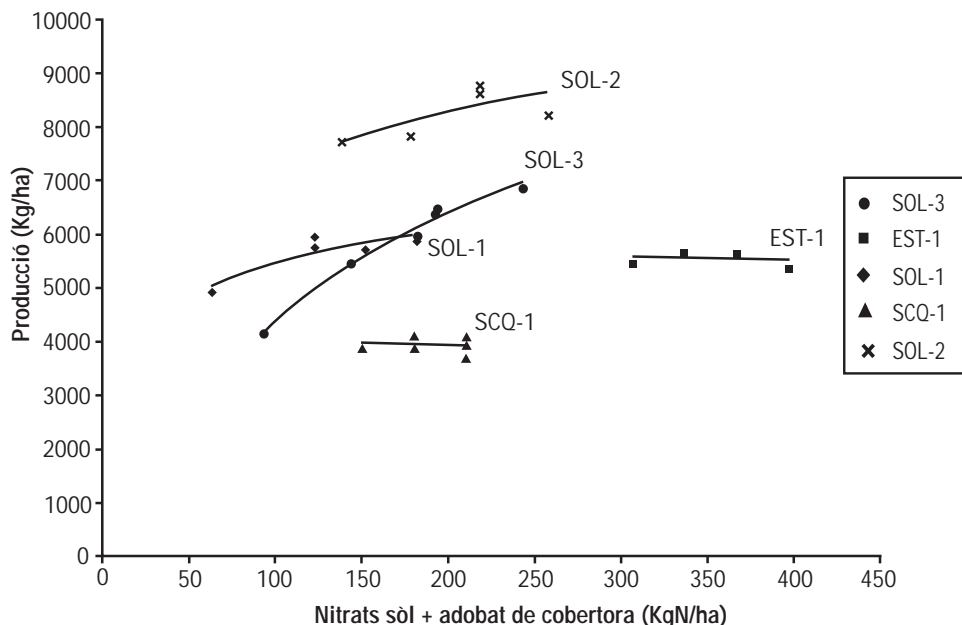
3.2. Mètode del nitrogen mineral

Els continguts de nitrogen en forma nítrica a l'afillolament foren molt variables, oscil·lant de 308 kg/ha (90 cm fondària) a EST-1, 151 kg N-NO₃/ha a SCQ-1 i 140 kg N-NO₃/ha a SOL-2, 95 kg N-NO₃ SOL-3 i 64 kg N-NO₃/ha en SOL-1. Aquests continguts de nitrogen mineral han estat determinants en la

resposta a l'adobat (figura 2) i així en l'assaig de Solsona (SOL-1, SOL-2 i SOL-3) on els continguts de nitrat al sòl han estat més baixos i les produccions altes especialment en els assaigs SOL-2 i SOL-3, la diferència entre el testimoni i el tractament de més alta producció ha estat de prop de 1.000 kg a SOL-2 i de 2.669 kg a SOL-3.

Quan s'ha analitzat el N mineral després de la collita, s'observa que no hi ha diferències significatives en els continguts de nitrogen nítric romanent en funció de les dosis i èpoques d'adobat (dades no mostrades). En l'assaig SOL-1 s'observen diferències significatives en la fondària de 0-30 cm i si es fa la separació de mitjanes només es pot

FIGURA 2. Producció de gra respecte al contingut de nitrats al sòl més el nitrogen aportat en cobertora en els assaigs sobre fertilització nitrogenada realitzat a Solsona, Estaràs i Santa Coloma de Queralt, les campanyes 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996.



separar la dosi més alta (120 kg N/ha) aplicada a espiga a 1 cm (març).

3.3. Mètode del contingut de nitrats al suc de la base de les tiges (CNSBT)

La relació entre l'adobament nitrogenat aportat en cobertora i el CNSBT ha estat en general molt baixa i només s'obté una relació estadísticament significativa a l'assaig SOL-1 en el darrer escandall (sortida de fulla bandera), on s'observa un major CNSBT en les dosis altes d'adobament de cobertora respecte al testimoni i dosis més baixes (taula v). En l'assaig SOL-3 la dosi alta de febrer i

l'aplicació a espiga 1 cm han donat nivells estadísticament superiors a la resta de tractaments, essent el valor més alt l'aplicació a espiga 1 cm.

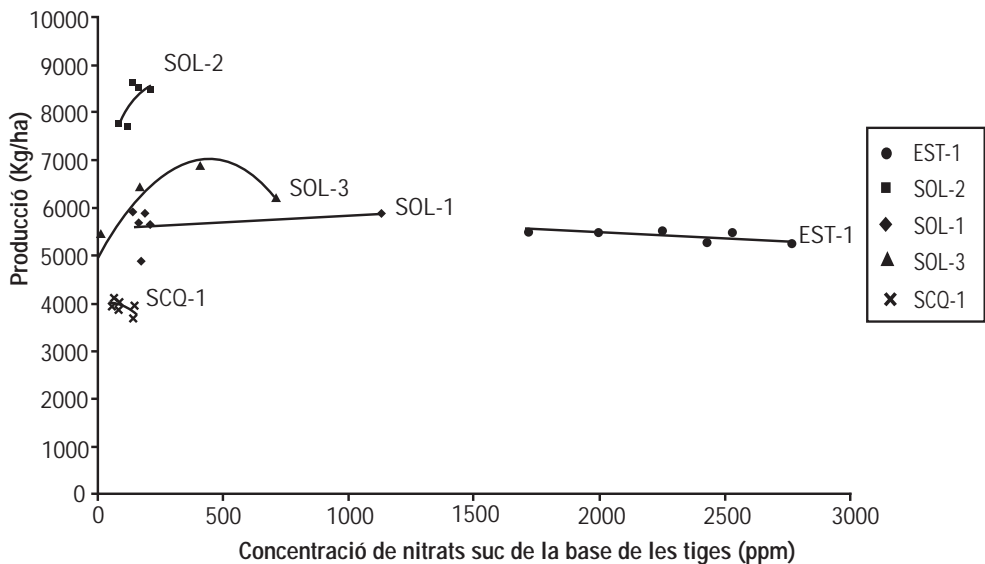
Els valors absoluts de CNSBT han estat sorprenentment molt baixos respecte als límits de correcta nutrició nitrogenada proposats per Justes (1993) i que oscil·len entre 500 i 1.000 mg NO_3^-/l . Només en l'assaig EST-1 i en el tractament d'espiga 1 cm de SOL-3 han estat per damunt del límit de 500 mg NO_3^-/l en els moments de comparació (a partir d'espiga a 1 cm) (taula ii). Malgrat aquests baixos continguts no hi ha hagut correlació amb la producció (figura 3).

TAULA V. Evolució de la concentració de nitrat del suc de la base de les tiges, en l'assaig de fertilització nitrogenada realitzat amb la varietat Soissons en l'assaig de Solsona (SOL-1).

Adob cobertora	NO ₃ ⁻ suc de la base de les tiges (mg/l)			
	2/2/94 afillolament	28/3/94 espiga 1 cm	22/4/94 encanyat	9/5/94 fulla bandera
0 kg N/ha	1.410	212,5a	163,75a	40,25a
60 kg N/ha febrer	1.410	172a	156,75a	84,25a
60 kg N/ha març	1.410	387,8a	124,25a	69,00a
90 kg N/ha febrer	1.410	169,8a	206,25a	117,00ab
120 kg N/ha febrer	1.410	169,8a	130,75a	240,85c
120 kg N/ha març	1.410	271a	183,00a	198,5bc
Significació	–	NS	NS	xxx
CV	–	94,47	44,67	57,31
Mitjana	1.410	230,46	160,79	124,96

Observació: les separacions de mitjanes han estat realitzades segons els test de Duncan ($p = 0,05$).
 Nivell de significació: xxx molt significativa ($\alpha < 0,01$); xx significatiu ($\alpha < 0,05$); NS no significatiu ($\alpha > 0,05$).

FIGURA 3. Producció de gra respecte a la concentració de nitrats del suc de la base de les tiges dels assaigs sobre fertilització nitrogenada realitzats a Solsona, Estaràs i Santa Coloma de Queralt, els anys 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996.



3.4. Discussió

L'objectiu final d'aquests assaigs és el desenvolupament d'una metodologia per a la fertilització nitrogenada en cereals d'hivern i sota aquesta perspectiva es farà la discussió dels resultats obtinguts.

L'aplicació del mètode del balanç ha donat uns resultats encertats en quant a la presa de decisió sobre la necessitat d'aplicar adobat de cobertura.

Quan es desglossen els resultats parcials del balanç i es comparen amb dades analítiques la coincidència no és tan bona. En la figura 1 es poden apreciar les grans diferències entre el nitrogen mineral ($N-NO_3^-$) present al final de l'hivern i el que es preveia que hi hauria segons el mètode del balanç. Moltes d'aquestes desviacions provenen probablement de la dificultat addicional que hi ha en determinar les entrades de nitrogen en una finca quan s'apliquen adobs orgànics (fems, purins, etc.). La primera dificultat que ens trobem ve determinada per la dosi aplicada i la composició del producte aplicat. Un altre factor distorsionador afegit és el sistema d'incorporació d'aquests materials, que pot influir en gran manera sobre la taxa de volatilització de la fracció amoniacal.

Un altre problema que planteja l'aplicació del mètode del balanç és el de l'estimació de la producció objectiu. Si es compara la producció objectiu prevista per l'agricultor i la realment obtinguda, es detecten fortes diferències que oscil·len dels 500 kg per defecte a l'assaig SCQ-1 fins als 2.800 kg per excés a l'assaig SOL-2

i malgrat que aquesta és una mostra molt reduïda, coincideix amb la tendència trobada en d'altres treballs.

La mineralització de la matèria orgànica és una altra important font de nitrogen que és difícil de determinar i per tant un altre aspecte no fixat i que pot induir inexactitud tant en el mètode del balanç com en el mètode del nitrogen mineral.

Les diferents aportacions de N que s'han realitzat al sòl entre el moment de l'afillolament i la collita (dades no mostrades) han estat molt variables, i oscil·len d'una aportació de 144 kg N/ha en l'assaig SOL-2 a una immobilització de 119 kg N/ha en EST-1.

L'aplicació del mètode del nitrogen mineral, a més de la problemàtica esmentada per la dificultat de preveure les necessitats del conreu (producció objectiu) i modelitzar el N mineralitzat de la matèria orgànica, presenta les dificultats pròpies del mètode analític. D'una banda la gran variabilitat de la distribució del nitrogen, d'altra banda la dificultat de prendre mostres fins a profunditats de 90 o 120 cm, especialment quan el sòl està sec o bé hi ha un percentatge alt d'elements grossos, i finalment la dificultat afegida d'haver de treballar amb mostra fresca.

La utilitat de conèixer els continguts de nitrogen mineral en el moment de l'afillolament, amb la finalitat de fer la recomanació de la fertilització nitrogenada, és prou acurat i només calia fer adobat de cobertura en l'assaig SOL-1, SOL-2 i SOL-3, que han estat els únics que han tingut resposta a l'adobat nitrogenat.

En zones de secà amb pluviometries no gaire elevades i de distribució molt irregular, els nivells de rentat de nitrats per sota de la profunditat arrelable del perfil són molt variables, per la qual cosa ens podem trobar en situacions en què s'hagi produït una forta acumulació de nitrats per una excessiva fertilització nitrogenada, o bé, per aportacions d'adob orgànic (fem, purins, etc.) i que quan s'apliqui el mètode del balanç aquesta situació no quedi plenament reflectida. En aquestes situacions l'aplicació del mètode del nitrogen mineral podria ser una bona eina, a fi de caracteritzar la situació de partida.

La concentració de nitrats al suc de la base de les tiges ha estat el tercer mètode aplicat per a la recomanació d'adobat nitrogenat de cobertura. Dels resultats obtinguts se'n dedueix que si bé aquest mètode podria haver estat útil en l'assaig EST-1 per a una recomanació de no adobat, perquè sempre el CNSBT va ser superior als 1.000 mg/l en els altres 4 assaigs, els continguts van ser molt baixos i no sempre va haver-hi resposta a l'adobat. En les condicions d'estrès hídric en què es van realitzar aquests assaigs en el sòl hi havia nivells suficients de nitrogen que no es reflectien en els continguts en la planta, per la qual cosa l'aplicació d'aquest mètode en aquestes condicions pot induir a errors en la decisió de fer adobats de cobertura.

A més a més, l'aplicació pràctica d'aquest mètode ha presentat els següents inconvenients:

— En les èpoques que és interessant fer les aportacions d'adob nitroge-

nat (afillolament fins espiga a 1 cm) és molt difícil extreure suc de les tiges.

— En condicions de secà, en el cas que es detecti una situació de carència i es faci una aportació nitrogenada, és molt difícil preveure quan passarà a ser disponible per a la planta.

4. CONCLUSIONS

Partint de les dades disponibles es poden apuntar les següents conclusions:

1) El mètode del balanç és el que en la situació de la major part de les comarques cerealístiques estudiades es pot ajustar millor a les necessitats actuals de l'agricultor.

2) El mètode del nitrogen mineral pot ser una bona ajuda en aquelles situacions on es prevegi que s'hagi produït una acumulació de nitrats al sòl, hi hagi una gran incertesa o es vulgui precisar més.

3) Calen més estudis del mètode dels nitrats a la base de les tiges, en secans on generalment el factor limitant sol ser més l'aigua que l'adobat nitrogenat.

BIBLIOGRAFIA

- BREITENBECK, G. A.; BOQUET, J. (1992). «Scientific basis for soil nitrate testing. Current viewpoints on the use of soil nitrate tests in the South.» *American Society of Agronomy, Inc. Madison*, p. 1-10.
- COURTOIS, PH. (1996). «Quan les agricul-

- teurs se mobilisent en faveur de l'environnement». *Environment et Technique*, núm. 154, p. 27-29.
- JONES, C.; KINIRY, J. R. (1986). «The CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development». *Texas AiM Univ. Press*. College Station, TX.
- JUSTES, E. (1993). *Diagnostic de la nutrition azotée du blé à partir de la teneur en nitrate de la base de la tige. Application au raisonnement de la fertilisation*. Thèse Docteur-Ingénieur, INA-P6, Paris, p. 227.
- MEYNARD, J. M.; LIMAUX, F. (1987). «Previsions des rendements et conduite de la fertilisation azotée. Cas du blé d'hivern». *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*. Vol. 73, núm. 3, p. 117-122.
- SAEMA. DARP (1996). *Resultats de gestió tecnicoeconòmica de les explotacions de cereals d'hivern de les comarques de la demarcació de Lleida*. Estudi no publicat.
- SIÓ, J.; SERRA, J.; LÓPEZ, A.; BOIXADERA, J.; TEIXIDOR, N. (1998). *Gestió de l'adobat nitrogenat en el conreu dels cereals d'hivern*. SARNT. DARP i Fundació Mas Badia, p. 6.
- SOIL SURVEY STAFF. (1992). «Keys to Soil Taxonomy». Fifth Edition. SMSS Technical monograph USDA. *Pocahontas press, Inc. Blacksburg*, Virginia, núm. 19, p. 556.