

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

(II) CEREALS D'HIVERN A LES COMARQUES DE BARCELONA I GIRONA

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

RESUM

Es van realitzar un seguit d'assaigs de fertilització nitrogenada a les comarques de Girona i Barcelona, generalment més humides que les àrees on es van realitzar els assaigs per Sió *et al.*, en aquest mateix volum.

Els mètodes assajats van ser els del nitrogen mineral al sòl i el del contingut de nitrats a la base de les tiges (CNSBT).

Per al conjunt de sòls i situacions assajades el mètode del nitrogen mineral s'ha mostrat com una eina molt adequada per planificar l'adobat de cobertura. El mètode del CNSBT també es revela com una eina útil, especialment per a les situacions en què el cultiu té suficient nitrogen disponible al sòl; en altres tot i la seva relació amb el N mínim hi ha casos en què dona resultats contradictoris que requereixen més recerca.

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

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

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

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

RESUMEN

Se realizaron un conjunto de ensayos de fertilización nitrogenada en las comarcas de Girona y Barcelona, generalmente más húmedas que las áreas donde se realizaron los ensayos por Sió *et al.*, en este mismo volumen.

Los métodos ensayados fueron los del nitrógeno mineral al suelo y el del contenido de nitratos en la base de los tallos (CNSBT).

Para el conjunto de suelos y situaciones ensayadas el método del nitrógeno mineral se ha mostrado como una herramienta muy adecuada para planificar el abonado de cobertura. El método del CNSBT también se revela como una herramienta útil, especialmente para las situaciones en las que el cultivo tiene suficiente nitrógeno disponible en el suelo; en otras aun con su relación con el N mínimo hay casos en los que da resultados contradictorios que requieren más investigación.

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

SUMMARY

Several field experiments on nitrogen fertilisation were carried out at different sites in the Girona and Barcelona areas. Rainfall in these areas is usually higher than in the areas where Sió *et al.*, (1987) (in this book) carried out their experiments.

The methods tested were the mineral nitrogen method and the nitrate content at the base of the stem method (CNSBT).

For all soils and situations in the experiments the mineral nitrogen method was shown to be an adequate tool for fertilisation planning. The CNSBT method is also a useful tool, especially when there is sufficient nitrogen available in the soil for crops. In other cases, contradictory results have been found which require more research.

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

1. INTRODUCCIÓ

En el conreu del blat tou (*Triticum aestivum* L.), hi té una gran importància la correcta gestió de l'adobat nitrogenat, tant per la incidència que té sobre la producció i la qualitat farinera, com pel fet que constitueix un dels principals costos de producció i també per la repercussió que poden tenir adobats ni-

trogenats excessius sobre la contaminació per nitrats de les aigües subterrànies. La determinació de la quantitat d'adob nitrogenat que cal aportar no és fàcil, per varies raons, però a causa principalment de la complexitat del cicle del nitrogen al sòl.

Existeixen diversos mètodes que ajuden a optimitzar la fertilització nitrogenada que estan basats principalment en l'empirisme. Alguns es basen en estratègies analítiques, bé mitjançant l'anàlisi de la quantitat de nitrogen del sòl, bé de la planta; d'entre aquests darrers la determinació de la quantitat de nitrogen nítric del sòl i de la concentració de nitrats del suc de la base de les tiges (CNSBT), estan entre els mètodes de més senzilla i ràpida execució, però poc aplicats. Cal citar els mètodes que modelitzen el N al sòl, com és el mètode del balanç. D'altres mètodes es basen en estratègies de modelització més o menys complicades, que permeten calcular la quantitat de nitrogen que necessita el conreu.

El nitrogen nítric representa normalment la fracció més important del nitrogen mineral del sòl. D'altra banda, la major part del nitrogen que absorbeix el conreu del blat tou ho fa en forma de nitrat. En conseqüència, el coneixement del contingut de nitrogen nítric del sòl, principalment en la zona més superficial que és on hi ha la major densitat d'arrels, ens pot permetre ajustar la quantitat de nitrogen que cal aportar al conreu.

El nitrogen que absorbeix la planta, preferentment en forma nítrica, es redueix de forma majoritària en les fulles.

Si la quantitat de nitrats absorbits és superior als reduïts, es pot produir un emmagatzemament d'aquests en la zona de la base de les tiges. La determinació de la CNSBT constitueix la base del mètode JUBIL®, proposat conjuntament per l'ITCF i l'INRA, el qual permet optimitzar l'adobat nitrogenat.

L'objectiu d'aquest treball ha estat estudiar la utilització del contingut de nitrogen nítric del sòl i de la CNSBT com a mètodes que ens poden permetre la millora de la gestió de l'adobat nitrogenat, en l'estadi d'encanyat del cereal, que coincideix amb el període en què el conreu té unes necessitats més altes en nitrogen i és company d'un altre on aquests mateixos mètodes, a més del mètode del balanç de nitrogen, ha estat aplicat a indrets més secs de Catalunya (Sió *et al.*).

2. CONDICIONS DELS ASSAIGS

Els assaigs s'han plantejat les campanyes 1992-1993, 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996, en les localitats de la Tallada d'Empordà (Baix Empordà), Sant Gregori (Gironès), Riudellots de la Selva (Selva) i Vic (Osona). Les varietats de blat tou que s'han utilitzat han estat SOISSONS, GAZUL i BONPAIN. S'han establert onze assaigs que s'identifiquen de la manera següent: **LT93S**, la Tallada d'Empordà 1992-1993 SOISSONS; **LT94S**, la Tallada d'Empordà 1993-1994 SOISSONS; **LT95G**, la Tallada d'Empordà 1994-1995 GAZUL; **LT95S**, la Tallada d'Empordà 1994-1995 SOISSONS; **LT96B**, la Tallada d'Empordà 1995-1996 BONPAIN; **LT96S**, la Tallada d'Empordà 1995-1996 SOIS-

SONS; **RI95G**, Riudellots de la Selva 1994-1995 GAZUL; **SG93S**, Sant Gregori 1992-1993 SOISSONS; **SG94S**, Sant Gregori 1993-1994 SOISSONS; **VI95S**, Vic 1994-1995 SOISSONS; **VI96S**, Vic 1995-1996 SOISSONS.

El tipus de sòl on s'han fet els assaigs ha estat (SSS, 1992) a la Tallada d'Empordà, *Xerofluent oxiàquic*, franc fi; a Riudellots de la Selva, *Haploxeralf típic*, franc fi; a Sant Gregori, *Xerochrept típic*, fi; i a Vic, *Xerofluent oxiàquic*, llimós fi. A la Tallada d'Empordà i a Vic els sòls tenien pH bàsic, a Sant Gregori el pH era neutre i a Riudellots de la Selva àcid.

La meteorologia, i especialment la pluviometria, ha variat de forma important depenent de la campanya. Mentre que les campanyes 1992-1993 i 1995-1996 s'han caracteritzat per una pluviometria superior a l'habitual, les campanyes 1993-1994 i 1994-1995 l'han presentat més baixa, normalment inferior a la normal en cada localitat d'assaig.

L'adobat de fons ha estat variable depenent de cada assaig. Els tractaments han variat segons l'adobat de fons i han consistit en diferents quantitats de nitrogen aportades en cobertora. Així, pels assaigs LT93S, LT94S, LT96S, RI95G, SG93S, SG94S i VI96S han estat 0, 50, 100, 150 i 200 UN / ha; per LT95G, LT95S i LT96B han estat 0, 50, 100 i 150 UN / ha i per VI95S han estat 0, 50 i 100 UN / ha. L'adob nitrogenat s'ha aportat a l'inici de l'encanyat en forma de nitrat amònic que conté un 33,5 % de nitrogen (50 % en forma amoniacal i 50 % nítrica). El disseny dels assaigs ha estat de blocs a l'atzar amb quatre repeticions.

La mida de la parcel·la elemental ha estat a les campanyes 1992-1993 i 1993-1994 de 12 m² (1,2 m d'ample per 10 m de llarg), mentre que la 1994-1995 i 1995-1996 de 9,6 m² (1,2 m per 8 m).

La sembra s'ha realitzat en els mesos de novembre o desembre, amb una sembradora de microparcel·les, a una densitat de 400 llavors/m². Tots els assaigs s'han realitzat en secà. La collita s'ha efectuat amb una recol·lectora de microparcel·les.

S'han mesurat els següents paràmetres: contingut de nitrogen nítric del sòl, CNSBT i producció. El contingut de nitrogen nítric del sòl s'ha mesurat just abans de l'aportació de l'adob de cobertora en tres fondàries, corresponents a 0-30, 30-60 i 60-90 cm, compostes a partir de quatre submostres obtingudes en diferents zones de la parcel·la en què s'ha realitzat l'assaig. En cada mostra s'ha realitzat una extracció 1:1 amb aigua, en la qual mitjançant un mètode colorimètric (tires Merckoquant®) i un lector Nitratecheck®, s'ha determinat la concentració de nitrats. El contingut de nitrogen nítric del sòl s'ha expressat en kg N/ha i fondària estudiada. La CNSBT s'ha determinat en una mostra de quaranta plantes recollides en la primera hora, després de la sortida del sol. En aquestes s'ha separat la base de les tiges principals i amb l'ajuda d'una premsa se n'ha extret el suc, en el qual s'ha determinat la concentració de nitrats amb un mètode colorimètric (tires Merckoquant® i un lector Nitratecheck®). El mostreig s'ha fet entre 20 i 40 dies després de l'aportació de l'adob de cobertora. La producció de gra s'ha expressat a una humitat del 13 %.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

3.1. Relació entre la CNSBT i el contingut de nitrats del sòl

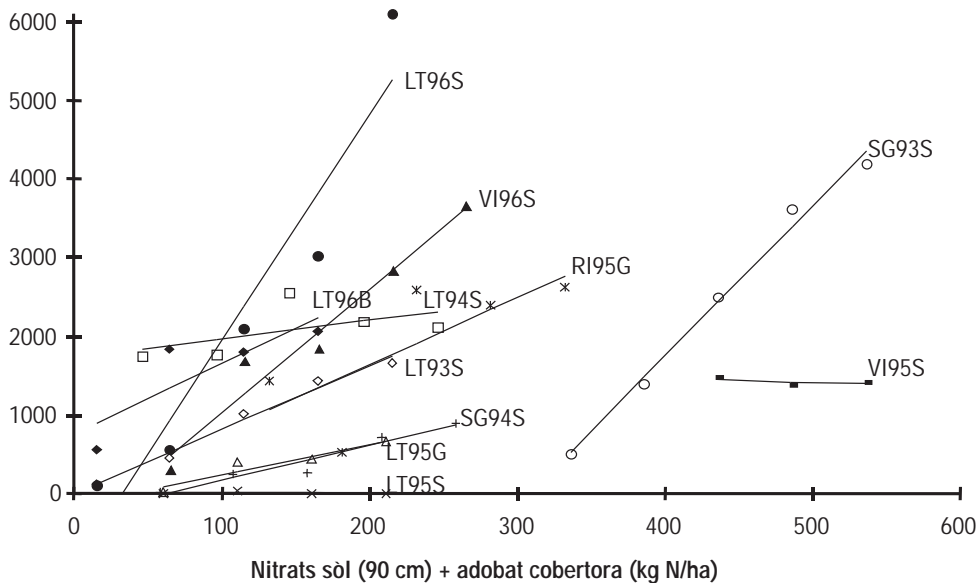
En la figura 1 es dona la representació gràfica de la variació de la CNSBT respecte el contingut de nitrogen nítric del sòl fins una fondària de 90 cm sumat amb el nitrogen aportat en forma d'adob en cobertora (NITADO), de tots els assaigs.

S'ha estudiat la relació lineal entre la CNSBT i el NITADO, la qual ha permès explicar un 94,2 % de la variació de la CNSBT. Els valors obtinguts de la CNSBT han estat funció del NITADO, essent en general més alts quan més alta ha estat la disponibilitat de nitrogen mineral en el sòl. Tot i això, per valors semblants del NITADO, s'han obtingut relacions diferents entre la CNSBT i aquest paràmetre, depenent de l'assaig. Globalment, la CNSBT ha variat també de forma significativa segons l'assaig, factor en què s'ajunten efectes tan dispars com els deguts a la meteorologia, el tipus de sòl o la varietat, entre altres.

En més de la meitat dels assaigs (LT93S, LT95G, LT96S, RI95G, SG94S i VI96S) s'ha donat una relació de característiques similars, entre la CNSBT i el NITADO, amb una pendent compresa entre 3 i 29 ppm/kg N i un terme independent que no difereix significativament de 0 ppm. En aquests, en què el contingut de nitrats del sòl en el moment de l'adobat de cobertora no ha estat excessivament alt, amb valors inferiors a 132 kg N nítric/ha en els primers 90 cm de sòl (valor observat en l'assaig RI95G); en les parcel·les en què no s'ha

FIGURA 1. Concentració de nitrats del suc de la base de les tiges respecte el contingut de nitrats de sòl sumat al nitrogen aportat en cobertura dels assaigs sobre fertilització nitrogenada realitzats a la Tallada d'Empordà, Riudellots de la Selva, Sant Gregori i Vic, les campanyes 1992-1993, 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996 amb les varietats SOISSONS, GAZUL i BONPAIN.

Concentració de nitrats del suc de la base de les tiges (ppm)



aportat adob, la CNSBT ha estat també baixa, normalment amb valors inferiors a 1.000 ppm. Quan s'ha aportat adob nitrogenat en cobertura s'ha produït un increment de la CNSBT, major quan més alta ha estat la quantitat aportada. Els valors més alts de la pendent s'han obtingut en els assaigs LT96S i VI96S.

En els altres assaigs la relació que s'ha donat ha estat significativament diferent. En els assaigs LT95S i VI95S, tot i l'aportació d'adob de cobertura, el valor de la CNSBT pràcticament no ha variat, i s'ha obtingut un pendent amb un valor molt proper a 0 ppm/kg N. La principal causa es pot trobar en les pre-

cipitacions de la campanya 1994-1995, inferiors a les habituals en les dues localitats, que han provocat una important secada durant la major part del període vegetatiu i que poden haver limitat l'absorció de nitrogen per part de la planta. El valor mitjà de la CNSBT ha estat molt diferent en els dos assaigs, de 12 ppm en LT95S i de 1.424 ppm en VI95S.

En l'assaig LT94S s'ha obtingut un valor mitjà de la CNSBT bastant elevat, de 2.076 ppm, i s'observa un lleuger augment a mesura que s'ha incrementat la quantitat d'adob nitrogenat que s'ha aportat, tal com denota un pendent de la

recta de 2,35 ppm/kg N. En l'assaig LT96B el valor mitjà de la CNSBT ha estat també bastant elevat, de 1.564 ppm/kg N, encara que inferior al de l'assaig LT94S. Per contra, el valor del pendent ha estat superior, de 8,87 ppm/kg N.

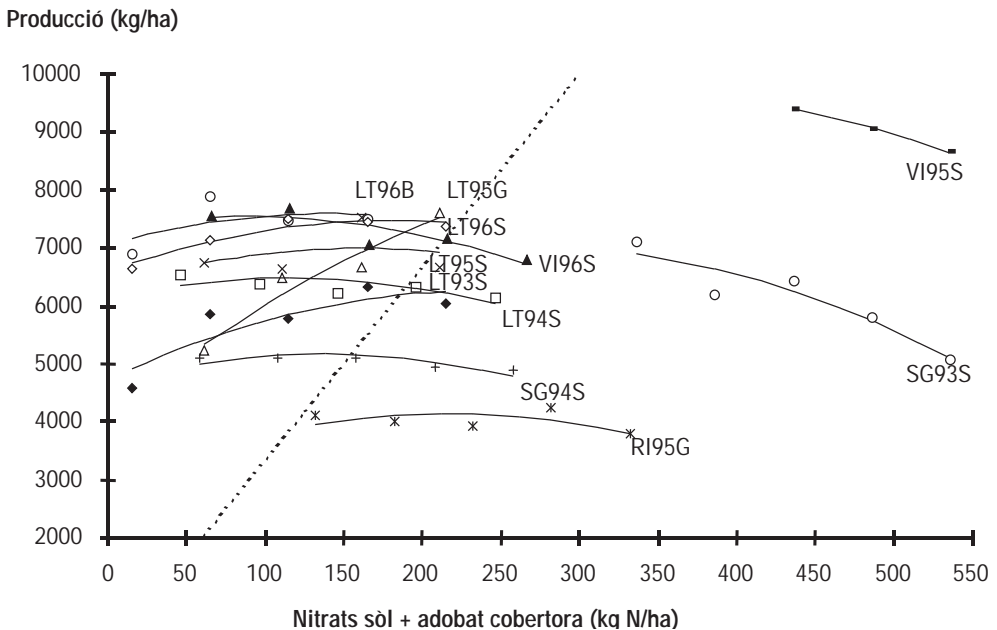
En l'assaig SG93S la relació entre la CNSBT i NITADO ha estat diferent a la de la resta d'assajos, amb un pendent molt elevat, de 19,2 ppm/kg N, i un valor molt baix del terme independent. En aquest fet hi han incidit la meteorologia de la campanya 1992-1993, amb precipitacions durant la primavera més ele-

vades de les habituals en aquesta localitat, i el contingut de nitrogen nítric del sòl abans de l'aportació de l'adob de cobertura, molt elevat, de 336 kg N nítric/ha en els primers 90 cm de sòl.

3.2. Relació entre la producció i el contingut de nitrats del sòl

En la figura 2 es dona la representació gràfica de la variació de la producció respecte el contingut de nitrogen nítric del sòl fins una fondària de 90 cm sumat amb el nitrogen aportat en forma d'adob

FIGURA 2. Producció de gra respecte el contingut de nitrats de sòl sumat al nitrogen aportat en cobertura dels assajos sobre fertilització nitrogenada realitzats a la Tallada d'Empordà, Riudellots de la Selva, Sant Gregori i Vic, les campanyes 1992-1993, 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996, amb les varietats SOISSONS, GAZUL i BONPAIN.



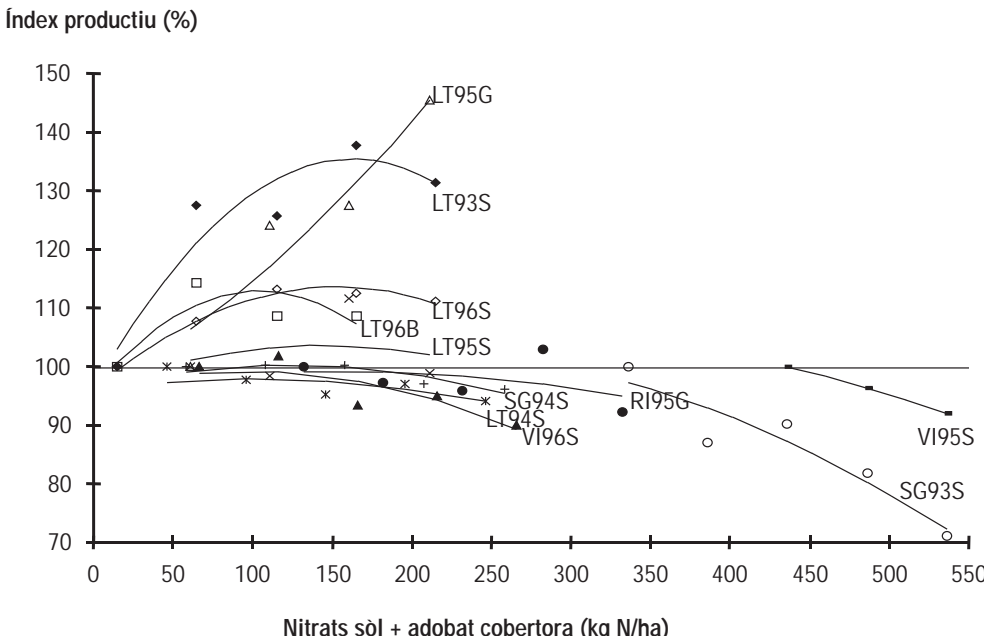
en cobertora (NITADO), de tots els assaigs.

S'ha estudiat la relació quadràtica entre la producció i el NITADO, la qual ha permès explicar un 97,6 % de la variació de la producció. Les produccions mitjanes han diferit de forma important depenent de l'assaig, que és la variable que ha absorbit la major part de la variació (89 %). La producció més alta s'ha obtingut en l'assaig VI95S (9.042 kg/ha), mentre que la més baixa en RI95G (4.102 kg/ha).

La incidència del NITADO sobre la producció ha estat menor, encara que significativa i variable en funció de l'as-

saig. Aproximadament en tres quartes parts dels assaigs la diferència entre el tractament que ha tingut una major producció i el que l'ha tingut menor, no ha superat els 1.000 kg/ha. En aquests la producció del tractament que ha donat un major rendiment difícilment ha superat en més d'un 10 % la del tractament en què no s'ha aportat adob nitrogenat en cobertora (figura 3). En altres assaigs la incidència de NITADO sobre la producció ha estat molt gran. En LT95G s'ha produït un increment de producció entre el tractament en què no s'ha aportat N en cobertora i el que s'han aportat 200 kg N/ha de 2.378 kg/ha, cosa que representa un augment del 46 %. En LT93S la di-

FIGURA 3. Índex productiu respecte al tractament en què no s'ha aportat adob nitrogenat en cobertora, dels assaigs sobre fertilització nitrogenada realitzats a la Tallada d'Empordà, Riudellots de la Selva, Sant Gregori i Vic, les campanyes 1992-1993, 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996 amb les varietats SOISSONS, GAZUL i BONPAIN.



ferència de producció entre els tractaments més i menys productiu ha estat de 1.728 kg/ha, cosa que representa un augment del 38 %. Un cas contrari és el de SG93S, en què la diferència entre el tractament amb una major producció, que es correspon amb el que no s'ha aportat N en cobertora, i el que l'ha tingut menor, que es correspon amb el que ha rebut una major quantitat de N en cobertora, ha estat de 2.050 kg/ha, cosa que representa una disminució d'aquesta en un 29 %.

Si considerem unes necessitats en nitrogen del conreu del blat tou de 3 kg N per cada 100 kg de producció, quan la quantitat de nitrogen nítric del sòl en els primers 90 cm ha estat superior a aquestes necessitats, cas dels assaigs VI95S, SG93S i en menor mesura RI95G, amb l'aportació d'adob nitrogenat en cobertora no s'ha produït cap increment de la producció i fins i tot en els dos primers assaigs s'ha produït una disminució clara d'aquesta, major quan més alta ha estat la quantitat de nitrogen aportada (figures 2 i 3). Per contra, quan ha estat inferior a les necessitats del conreu, el tipus de resposta ha estat variable depenent de l'assaig. En alguns amb l'aportació d'adob nitrogenat en cobertora s'ha produït un increment de la producció, molt important en el cas de LT95G i LT93S i menys en LT96B i LT96S. En la resta d'assaigs la producció pràcticament no ha variat o fins i tot ha tingut una lleugera tendència a disminuir, com és el cas de LT94S, SG94S i VI96S.

3.3. Relació entre la producció i la CNSBT

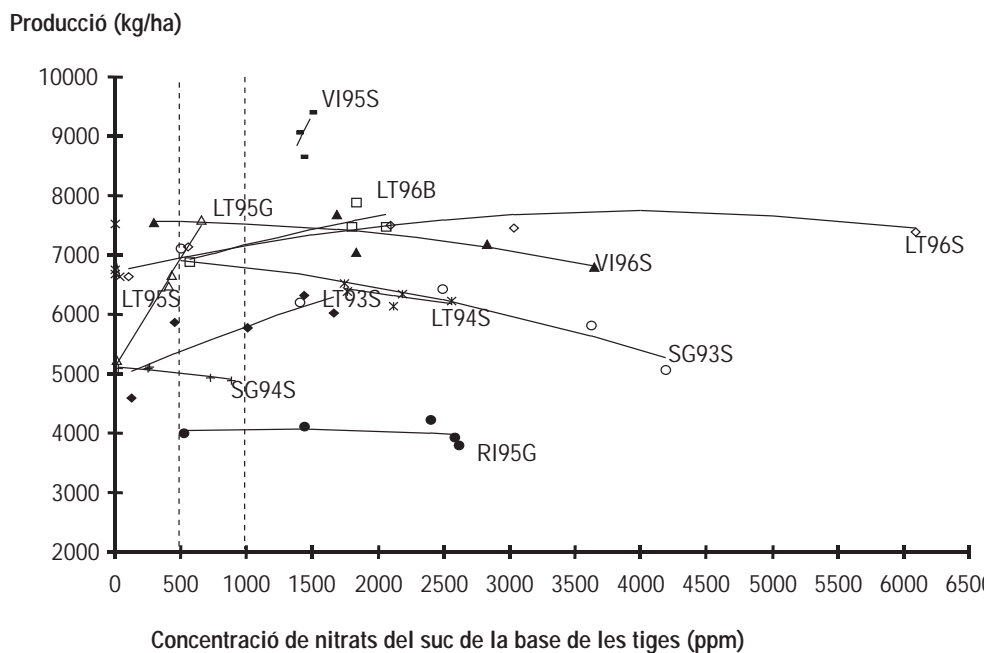
A la figura 4 es dona la representació gràfica de la variació de la produc-

ció respecte la CNSBT, de tots els assaigs.

S'ha estudiat la relació quadràtica entre la producció i la CNSBT, la qual ha permès explicar un 97,4 % de la variació de la producció per assaig. Aquesta s'explica, igual que en el cas de la relació entre la producció i el NITADO, en un 89 % per l'efecte de l'assaig, que comprèn aspectes com l'any, la localitat i la varietat. Els valors de la CNSBT permeten explicar també una part de la variació, encara que més petita i significativa que la variació de la producció, si bé de forma diferent depenent de l'assaig.

Quan la CNSBT ha estat superior a 1.000-1.500 ppm, amb l'aportació d'una quantitat més gran d'adob nitrogenat en cobertora, la producció no ha variat de forma significativa (LT94S, LT96S i RI95G) o fins i tot en alguns assaigs ha disminuït (LT96B, SG93S i VI96S) (figures 4 i 5). Quan ha estat més baixa, inferior a 1.000 ppm, el tipus de resposta a l'adobat nitrogenat ha estat diferent depenent de l'assaig. En LT93S, LT95G, LT96S i LT96B, quan s'ha aportat adob nitrogenat s'ha produït un increment molt important de la producció respecte al tractament en què no s'ha aportat nitrogen en cobertora. En SG94S i VI96S aquesta pràcticament no ha variat, amb una lleugera tendència a disminuir. Per contra en SG93S s'ha produït una important disminució. Probablement, en el tipus de resposta hi ha tingut una gran incidència la climatologia i principalment les precipitacions de cada campanya.

FIGURA 4. Producció de gra respecte a la concentració de nitrats del suc de la base de les tiges dels assaigs sobre fertilització nitrogenada realitzats a la Tallada d'Empordà, Riudellots de la Selva, Sant Gregori i Vic, les campanyes 1992-1993, 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996 amb les varietats SOISSONS, GAZUL i BONPAIN.



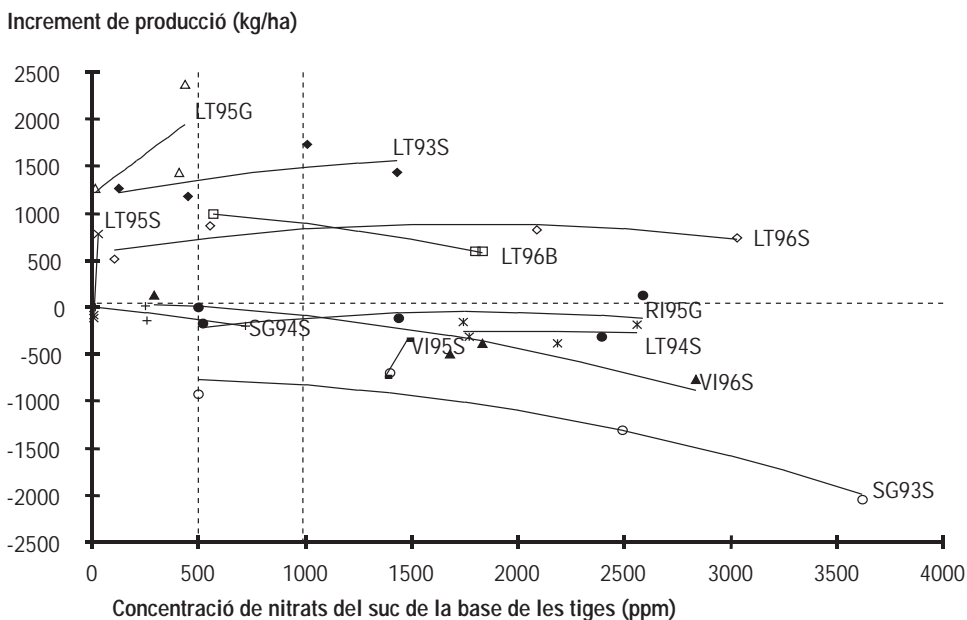
4. CONCLUSIONS

La CNSBT és un indicador de l'estat nutricional en nitrogen de la planta i està relacionada amb la disponibilitat de nitrogen nítric en el sòl. Aquesta relació és variable depenent de les característiques de cada assaig (meteorologia, tipus de sòl, tècniques culturals, entre altres aspectes). Normalment s'observa que quan major és la quantitat de nitrogen nítric del sòl, bé procedent d'un adobat o de la mineralització del nitrogen orgànic, en un mateix assaig, més alta és la CNSBT i que un contingut de nitrogen nítric en el sòl baix

coincideix amb valors de la CNSBT baix, pràcticament inapreciable. En altres situacions la relació pot ésser diferent, i s'observen parcel·les en què tot i que augmenta la disponibilitat de nitrogen amb l'aportació d'adob nitrogenat no es produeix un increment de la CNSBT, i d'altres en què amb valors del contingut de nitrats en el sòl relativament baixos s'obtenen valors de la CNSBT alts, entre altres casos.

El coneixement del contingut de nitrogen nítric del sòl fins una fondària de 90 cm del sòl, abans de l'aportació de l'adob de cobertura, es pot utilitzar

FIGURA 5. Increment de la producció de gra respecte el tractament en què no s'ha aportat adob nitrogenat en cobertura, segons la concentració de nitrats del suc de la base de les tiges, dels assaigs sobre fertilització nitrogenada realitzats a la Tallada d'Empordà, Riudellots de la Selva, Sant Gregori i Vic, les campanyes 1992-1993, 1993-1994, 1994-1995 i 1995-1996 amb les varietats SOISSONS, GAZUL i BONPAIN.



com a mètode per a millorar la gestió de l'adob nitrogenat. Quan és superior a les necessitats en nitrogen del conreu, si s'aporta adob nitrogenat no es produeix un increment de la producció, i fins i tot es pot produir una disminució d'aquesta. Si és inferior, el tipus de resposta a l'adob és variable, i s'observen casos en què es produeix un increment important de la producció i d'altres en què aquesta pràcticament no varia.

La CNSBT també pot ser utilitzada com a mètode per a millorar la gestió de l'adob nitrogenat. Quan aquesta és su-

perior a 1.000-1.500 ppm, si s'aporta adob nitrogenat no es produeix un increment de la producció, i fins i tot es pot produir una disminució d'aquesta. Si és inferior a aquest valor, el tipus de resposta a l'adob és variable, i s'observen casos en què es produeix un increment important de la producció i d'altres en què aquesta pràcticament no varia.

BIBLIOGRAFIA

BOIL, SURVEY STAFF. (1992). *Keys to Soil Taxonomy*. Fifth Edition. SMSS Technical monograph USDA. Pochontas press, Inc. Blacksburg, Virginia, núm. 19, p. 556.

SEGUIMENT DEL CONTINGUT DE NITRATS AL SÒL I EN PLANTA EN PARCEL·LES COMERCIALS DE PANÍS AL PLA D'URGELL

P. VILLAR*, ** i J. M. VILLAR*

RESUM

En aquest treball es presenten els resultats parcials del primer any de seguiment de nitrats al sòl i en planta de parcel·les comercials de panís (*Zea mays* L.) a la zona regable dels canals d'Urgell. Les parcel·les han estat seleccionades a partir del coneixement dels sòls de la zona i com a principal criteri el de la representativitat espacial.

L'excés de nitrogen a la zona, present a les capes freàtiques i a la xarxa de reg i de drenatges, ve donat per l'aplicació en excés de nitrogen als cultius, entre els quals el panís és un dels més importants. A les parcel·les seguides s'han aplicat dosis de nitrogen que van dels 250 als 350 kg N/ha. Els primers resultats mostren com les aplicacions que fan els agricultors són independents de les disponibilitats inicials de nitrogen al sòl. També es mostra com la determinació de nitrats a la base de la tija al final del cicle pot servir per

conèixer si les disponibilitats de N han estat excessives. Els rendiments més elevats, 13,5 Mg/ha, han coincidit amb les aplicacions de N més baixes, les disponibilitats de nitrogen també més baixes i amb el contingut de nitrats a la base de la tija més baix (0,4 g N-NO₃/kg). Tot això demostra que la racionalització de l'ús del nitrogen és possible.

PARAULES CLAU: nitrogen, nitrats, panís (*Zea mays* L.), informació de sòls.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados parciales del primer año de seguimiento de nitratos en el suelo y en planta de parcelas comerciales de maíz (*Zea mays* L.) en la zona regable de los canales de Urgell. Las parcelas han sido seleccionadas a partir del conocimiento de los suelos de la zona y como criterio principal el de su representatividad espacial.

El exceso de nitrógeno en la zona, presente en las capas freáticas y en la red de riego y de drenajes viene dado por la aplicación en exceso de nitrógeno

* Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. UdL Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Rovira Roure, 177. 25198 Lleida.

** Laboratori d'Anàlisi i Fertilitat de Sòls. Partida Set-sambes, s/n. 25222 Sidamon (Lleida).

no a los cultivos, dentro de los cuales el maíz es uno de los más importantes. En las parcelas seguidas se han aplicado dosis de nitrógeno que van de los 250 a los 350 kg N/ha. Los primeros resultados muestran como las aplicaciones que hacen los agricultores son independientes de las disponibilidades iniciales de nitrógeno en el suelo. También se muestra como la determinación de nitratos en la base del tallo al final del ciclo puede servir para conocer si las disponibilidades de N han sido excesivas. Los rendimientos más elevados 13,5 Mg/ha han coincidido con las aplicaciones de N más bajas, las disponibilidades de nitrógeno también más bajas y con el contenido de nitratos en la base del tallo más bajo (0,4 g N-NO₃/kg). Todo esto demuestra que la racionalización del uso del nitrógeno es posible.

PALABRAS CLAVE: nitrógeno, nitratos, maíz (*Zea mays* L.), información de suelos.

SUMMARY

This paper presents the partial results of the first year monitoring of soil and plant nitrate contents in commercial maize (*Zea mays* L.) in the Urgell canal irrigated area. The fields have been selected starting from the knowledge of the soils in the area and their spatial representativeness as main criteria.

The excess of nitrogen in the area, present in the groundwater as well as in the irrigation water, is due to overfertilisation of the crops, of which maize is one of the most important. In the monitored fields the applied nitrogen fertilizer ranges from 250 to 350 kg/ha.

The first results show that the farmers' applications are not related to the initially available soil nitrogen. They also show how the determination of nitrates in the lower part of the stem at the end of the cycle may help to show if the N availability has been excessive. The higher yields, 13.5 Mg/ha are the same with the lower fertilizer applications, with the lower soil N availabilities and with the lower contents of nitrates in the lower part of the stem (0.4 g N-NO₃/kg). All of this show there is ample room to rationalize the nitrogen use.

KEY WORDS: nitrogen, nitrate, maize (*Zea mays* L.), soil information.

1. INTRODUCCIÓ

El treball que es presenta correspon al primer any d'avaluació de la fertilització nitrogenada en parcel·les comercials de panís, és a dir portades directament per agricultors. L'avaluació es fa seguint els perfils de nitrats al sòl abans i després de la fertilització nitrogenada i al llarg del cicle de cultiu.

El nitrogen és un element essencial per la producció de cultius i juntament amb l'aigua és un factor clau per a obtenir alts rendiments. Ningú no pot negar la importància que té el nitrogen en el sosteniment de la producció d'aliments en un context mundial, encara que hi ha molts motius per anar cap a una racionalització del seu ús, principalment en sistemes de producció on, considerada d'una manera global, l'aplicació sembla excessiva. La presència de nitrats a les capes freàtiques superficials i a la xarxa de distribució de l'aigua de

reg, fa pensar que el nitrogen que no absorbeix el cultiu continua de forma temporal en el sistema.

Els nitrats que no són absorbits en la major part de sòls es troben presents a la solució del sòl, des d'on són absorbits per les arrels, o poden ser lixiviat fora de la zona radicular passant a les capes freàtiques superficials associades al reg i a les aigües de drenatge (Weil *et al.*, 1990, Verdegem i Baert 1984). En alguns casos, principalment els nitrats més a prop de la superfície poden ser directament desnitrificats per l'acció microbiana (Simmons *et al.*, 1992).

La quantitat de nitrats que passa a les aigües de drenatge depèn de la quantitat present a la solució del sòl i de la quantitat d'aigua que alimenta el nivell freàtic. Als sistemes de regadiu tradicionals (com la zona regable en estudi) on és generalitzat l'ús de sistemes de reg a tesa, la quantitat d'aigua que és lixiviat és molt important (s'han avaluat eficiències de reg a nivell de parcel·la que varien entre un 30-75 %, amb unes aplicacions anuals en el cas de cultius com el panís, d'uns 10.000 m³/ha i on cal afegir l'aigua de pluja, 400 mm).

Les pèrdues de nitrats no són desitjables ja que:

— Representen una pèrdua de tipus econòmic per l'agricultor.

— La presència de nitrats es considera un risc si s'ha d'utilitzar pel consum humà. La Comissió Europea ha establert un límit màxim admissible de 50 mgNO₃/L [11,3 mg N-NO₃/L] a l'aigua potable.

— La presència de nitrats a l'aigua freàtica i de drenatge pot limitar el seu ús pel reg de determinats cultius sensibles a l'excés de N.

— Pot causar eutrofització, cosa que afavoreix l'increment de plantes aquàtiques i algues en embassaments, llacs, rius i finalment en el mar.

1.1. L'activitat agrària com a font de nitrats

La major part de cultius, com és el cas del panís, no esgoten els nitrats presents en el sòl al final del cicle (encara que es dona un cert consum de luxe) i per això el risc de contaminació és elevat. Les aplicacions de fertilitzants nitrogenats poden arribar a ser excessives en les següents condicions:

1. Quan hi ha una elevada presència de nitrats en el sòl a causa de la nitrificació del nitrogen dels fertilitzants (superior a l'absorció per part del cultiu), a la descomposició de la matèria orgànica del sòl i dels residus del cultiu anterior, especialment en el cas de l'alfals, i de les aplicacions de residus animals, principalment fems i purins en la zona d'estudi.

2. Quan l'extracció de N per part del cultiu es veu limitada per qualsevol altre factor que afecti de forma important el rendiment: manca d'aigua, tempestes amb pedra, plagues i malalties.

3. Quan la dosi de fertilitzant aplicada supera les quantitats recomanades o s'aplica quan no hi ha una extracció per

part del cultiu, per exemple molt aviat i en forma de nitrats.

1.2. Consideracions de caràcter general

El contingut total de nitrogen-nítric en la zona radicular és un veritable indicador que pot utilitzar-se com a base per l'estimació de les necessitats de fertilitzants nitrogenats. L'aigua de reg pot ser en molts casos una font important de nitrats al sòl. Una part del nitrogen s'allibera de la matèria orgànica durant l'estació de creixement. Aquesta fracció no es determina en les anàlisis estandaritzades de sòls. La quantitat de nitrogen mineralitzat és proporcional, entre altres factors, al contingut de matèria orgànica del sòl.

Només es determina el nitrogen que es troba en forma de nitrats. Les investigacions efectuades indiquen que aquesta és la forma més fiable per establir relacions entre la disponibilitat de nitrogen i les necessitats de fertilització nitrogenada. No s'han d'efectuar aplicacions de fertilitzants amoniacals poc abans de la presa de mostres. El temps de nitrificació d'aquests fertilitzants és variable i pot falsejar el contingut real de nitrats disponibles pel cultiu. La presa de mostres s'ha de realitzar fins a una profunditat d'1,2 m, donada l'elevada mobilitat dels nitrats (Blackmer, 1991).

Una manera d'avaluar si les disponibilitats de nitrogen han estat altes és analitzar el contingut de nitrats a la base de la tija després de la maduresa fisiològica, tal com indiquen Blackmer (1991)

i Binford *et al.*, (1990). Sembla que la disponibilitat de N al sòl és proporcional a la concentració de nitrats a la planta quan el contingut al sòl és excessiu. La concentració de nitrats en la part baixa de la tija en plantes joves està també relacionada amb la producció (McClenahan i Killorn, 1988). Magdoff *et al.*, (1984) estableix relacions entre els nitrats al sòl i els nitrats acumulats a la base de la tija.

2. MATERIAL I MÈTODES.

El seguiment de parcel·les comercials situades a la zona regable pels canals d'Urgell correspon a l'any 1993. El cultiu utilitzat ha estat el mateix per a totes les parcel·les, per tal que els resultats fossin comparables. Es tracta de la varietat Juanita[®] (Pioneer), molt utilitzada a la zona. Les tècniques de conreu han estat les habituals a la zona.

La selecció de les parcel·les comercials s'ha fet utilitzant la cartografia detallada de sòls de la zona regable del *Mapa de sòls de Catalunya 1:25.000. Bellvís. 360-1-2 (65-28)*. (Herrero *et al.*, 1993).

EL criteri per a la selecció de les parcel·les comercials s'ha fet tenint en compte les característiques edàfiques en quant a representativitat espacial i la disponibilitat a col·laborar per part dels agricultors. A la taula i s'indiquen les sèries a què pertanyen les parcel·les seleccionades i la seva classificació. La descripció detallada dels sòls es pot trobar a la memòria del mapa de sòls. Les parcel·les estan situades als municipis de Bellvís, el Poal i Linyola (Pla d'Ur-

TAULA I. *Classificació de les parcel·les comercials avaluades l'any 1993.*

Parcel·la	Classificació de sòls	
	Sèrie	Família Soil Taxonomy
A	COMELLES	<i>Xerofluvent típic</i> , llimosa grossa, mesclada (calcària) mèsica.
B	CASTELSERÀ	<i>Xerochrept gípsic</i> , llimosa fina, mesclada mèsica.
C	CASTELSERÀ	<i>Xerochrept gípsic</i> , llimosa fina, mesclada mèsica.
D	COMELLES	<i>Xerofluvent típic</i> , llimosa grossa, mesclada (calcària) mèsica.
E	COMELLES	<i>Xerofluvent típic</i> , llimosa grossa, mesclada (calcària) mèsica.
F	COMELLES	<i>Xerofluvent típic</i> , llimosa grossa, mesclada (calcària) mèsica.
G	TORNABOUS	<i>Xerochrept calcixeròl·lic</i> , franca fina sobre, esquelètica arenosa, mesclada, mèsica.

gell). Les parcel·les s'han denominat A, B, C, D, E, F i G.

Per fer el seguiment de nitrats al sòl al llarg del cicle de cultiu s'han pres mostres cada 30 cm fins a 1,2 m. A cada parcel·la s'han pres mostres en tres punts diferents. Cada mostra composta constava de tres submostres, cosa que fa un total de 36 mostres per parcel·la. Al llarg del cicle la presa de mostres s'ha realitzat de la següent manera: abans de la fertilització nitrogenada (març), a l'inici de la fase de creixement del cultiu (juny), en el moment de pol·linització (juliol), en el d'ompliment del gra (agost), i en la maduresa fisiològica (setembre). Els nitrats s'han determinat seguint la metodologia descrita per Keeney i Nelson (1982) i per Markus *et al.*, (1985).

El seguiment dels nitrats en planta s'ha realitzat en tres estadis del cicle de

panís (sis fulles, sedat i maduresa fisiològica). Per a cada parcel·la s'han agafat tres mostres compostes (deu submostres) de la part baixa de la tija (de 15 a 35 cm sobre el sòl). En aquest segment de 20 cm de tija es treuen les fulles seques (Binford *et al.*, 1990).

Les mostres de tija són transportades en neveres al lloc on es produeix l'assecat de les mostres a 60-70° C fins a pes constant. Un cop seques les mostres són triturades i introduïdes en els recipients on es conserven. En aquestes mostres es determina la concentració de N-NO₃⁻ i N total.

El rendiment s'ha determinat manualment. Les panotxes són desgranades mecànicament i els grans obtinguts són assecats. Es determina la humitat dels grans i s'ajusta la producció a una humitat de 140 g/kg.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

3.1. Rendiments

Els rendiments obtinguts han variat entre els 7,4 Mg/ha de la parcel·la B i els 13,5 Mg/ha de les parcel·les E i G (taula II).

3.2. Contingut de nitrats al sòl

El contingut de nitrats al sòl en els primers 120 cm de profunditat a l'inici del cicle de cultiu (abans de la sembra i de la fertilització) anava dels 120 kg N-NO₃⁻ per hectàrea de la parcel·la G (amb les textures més grosses) als 310 kg N-NO₃⁻/ha de la parcel·la A.

Sense considerar el contingut de nitrogen al sòl, els agricultors van fer les aplicacions de nitrogen oscil·lant entre els 250 i els 350 kg N/ha. De la taula II el primer que s'observa és que el màxim rendiment de les parcel·les comercials s'obté amb unes disponibilitats totals de nitrogen (contingut inicial més el nitrogen aplicat) de 370 kg N/ha (parcel·la G). El cultiu de panís d'a-

questa parcel·la ha donat un rendiment màxim de 13,5 Mg/ha i ha extret uns 305 kg N/ha tenint en compte els continguts percentuals de nitrogen del gra, la tija i les fulles. Encara que no es presenten els resultats es disposa de tots els perfils de nitrats al sòl i la seva evolució al llarg del cicle.

3.3. Contingut de nitrats en planta

A la taula III s'indiquen els continguts de nitrogen en planta a l'estat de sis fulles i al de maduresa fisiològica. Pel que fa als continguts de nitrats en l'estat de sis fulles s'ha determinat un nivell mínim de 3,9 g N-NO₃⁻/kg (parcel·la C) i un nivell màxim de 13,1 g N-NO₃⁻/kg (parcel·la F). A l'estat de maduresa fisiològica els nivells més baixos corresponen a la parcel·la G amb una concentració de nitrats de 0,4 g N-NO₃⁻/kg i un valor màxim de 5,6g N-NO₃⁻/kg (parcel·la F).

La parcel·la F i la parcel·la A són les dues que tenen més N assimilable a disposició del cultiu (taula II). A més, la parcel·la F és la que té un contingut de

TAULA II. *Contingut inicial de nitrogen al sòl, quantitat de fertilitzant nitrogenat aplicat i rendiment de cadascuna de les parcel·les avaluades l'any 1993.*

Parcel·la	Contingut inicial de nitrogen (Kg N-NO ₃ ⁻ /ha)	Nitrogen aplicat (kg N/ha)	Rendiment (Mg/ha)
A	310	350	9,2
B	250	350	7,4
C	250	250	9,7
D	150	250	10,7
E	270	300	13,5
F	280	350	11,4
G	120	250	13,5

TAULA III. *Resum dels resultats obtinguts durant l'any 1993.*

Parcel·la	Contingut de nitrogen al sòl 0-120 cm. (Kg N-NO ₃ /ha)	Nitrogen a la base de la tija (g N-NO ₃ /kg)	Nitrogen a la base de la tija. Estadi maduresa fisiològica (g N-NO ₃ /kg)	Rendiment relatiu (%)
A	253	5,5	2,4	0,68
B	226	4,3	3,4	0,55
C	246	3,9	1,7	0,72
D	220	4,9	1,7	0,79
E	210	4,6	1,5	1,00
F	475	13,1	5,6	0,84
G	260	7,7	0,4	1,00

nitrats més alt al sòl en el moment de l'inici del creixement de la planta (taula III). Binford *et al.*, (1990) en els seus experiments estableixen com a valor mínim crític una concentració de 0,25 g N-NO₃/kg i indiquen que a partir d'1,8 g N-NO₃/kg se sobrepassa el llindar corresponent a una aplicació òptima de nitrogen. Aquests primers resultats apunten a la possibilitat que el mètode proposat permeti conèixer si una parcel·la ha estat fertilitzada en excés o per diferents motius ha disposat d'una alta quantitat de nitrogen al sòl (aplicacions de purins, nitrats a l'aigua de reg, etc.).

La parcel·la F, tot i tenir un rendiment acceptable d'11,4 Mg/ha, podríem afirmar que tenint en compte les disponibilitats inicials de nitrogen ha rebut una fertilització excessiva que s'ha manifestat amb una concentració elevada de nitrats a la base de la tija i que no ha estat translocada al gra.

4. CONCLUSIONS

El diagnòstic del contingut de nitrats a la base de la tija a final de cicle sembla

de gran interès per comprovar si la planta ha disposat d'una quantitat en excés de nitrogen al sòl. El seguiment en els anys successius permetrà avançar en la interpretació dels resultats per a les diferents unitats de sòl estudiades. També es preveu la realització d'experimentació amb diferents dosis de N per a establir en les condicions de la zona les recomanacions més apropiades.

AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat possible gràcies a la beca de formació d'investigadors de la CIRIT de Pere Villar. Els autors volen agrair la col·laboració dels agricultors, de l'enginyer agrònom Pere Mas, de l'enginyer agrònom Miquel Aran (LAF de la Diputació de Lleida) i de l'enginyer agrònom Jaume Boixadera (Secció d'Avaluació de Recursos i Noves Tecnologies, DARP).

BIBLIOGRAFIA

BINFORD, G. D.; BLACKMER, A. M.; EL-HOUT, N. M. (1990). «Tissue tests for

- excess nitrogen during corn production». *Agronomy Journal*, núm. 82, p.124-129.
- BINFORD, G. D., BLACKMER, A. M.; CERRATO, M. E. (1992). «Relationships between corn yield and soil nitrate in late spring». *Agronomy Journal*, núm. 84, p. 53-59.
- BLACKMER, A. M. (1991). «Nitrogen needs for corn in a sustainable agriculture». *44th Annual Corn & Sorghum Research Conference*.
- BREITENBECK, G. A.; BOQUET, D. J. (1992). «Scientific basis for soil Nitrate testing». *Proceedings of a symposium conducted by the Southern Branch American Society of Agronomy*.
- HERRERO, C.; BOIXADERA, J.; DANÉS, R.; VILLAR, J. M. (1993). *Mapa de Sòls de l'àrea regable pels Canals d'Urgell*. Secció de Sòls. DARP.
- KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. (1982). «Nitrogen- inorganic forms». Ed. Agron. Mongr. ASA, SSA, 9 Madison, WI. *Methods of soil analysis*, p. 643-698.
- MAGDOFF, F. R., ROSS, D.; AMADON, J. (1984). «A soil test for Nitrogen Availability to Corn». *Soil Sci. Soc. Am. J.*, núm. 48, p.1301-1304.
- MARKUS, D. K., MCKINNON, J. P.; BUCCAFURRI, A. F. (1985). «Automated Analysis of Nitrite, Nitrate, and Ammonium Nitrogen in Soils». *Soil Sci. Soc. AM. J.*, Vol 49, p. 1208-1215.
- McCLENAHAN, E. J.; KILLORN, R. (1988). «Relationship between basal corn stem nitrate N content at V6 growth stage and grain yield». *Journal of Production Agriculture*, vol. núm. 1(4), p. 322-326.
- SIMMONS, R. C., GOLD, A. J.; GROFFMAN, P. M. (1992). «Nitrate dynamics in riparian forests: Groundwater studies». *J. Environ. Qual.*, núm. 21, p.659-665.
- VERDEGEM, L.; BAERT, L. (1984). «Losses of nitrate nitrogen in sandy and clayey soils». *Pedologie*, núm. 34-3, p. 235-255.
- WEIL, R. R., WEISMILLER, R. A., TURNER, R. S. (1990). «Nitrate contamination of groundwater under irrigated coastal plain soils». *J. Environ. Qual.*, núm. 19, p. 441-448.