

## 7.1.6

### **INNOVACIONS EN LA FERTILITZACIÓ DELS CULTIUS EXTENSIVS. QUÈ HI HA I CAP ON ANEM?**

**FRANCESC DOMINGO OLIVÉ,  
ELENA GONZÁLEZ LLINÀS  
I CARLES MALLOL NABOT**

*IRTA Mas Badia, 17134 la Tallada d'Empordà, Catalunya*  
[francesc.domingo@irta.cat](mailto:francesc.domingo@irta.cat)

#### **Resum**

Els canvis que han tingut lloc en els darrers anys en la gestió de la fertilització orgànica i mineral dels cultius extensius i els condicionants econòmics, ambientals i socials obliguen a adaptar i millorar tant les pràctiques que s'hi duen a terme com la maquinària que s'utilitza, com les eines i els criteris de decisió que es posen a l'abast dels agricultors. El progrés de la tecnologia és accelerat i en el futur les innovacions seran encara més importants.

Aquesta comunicació fa un repàs de les principals innovacions que s'han aportat, des de la recerca duta a terme a la Fundació Mas Badia i altres institucions amb les quals es col·labora, pel que fa al procés de fertilització dels cultius extensius, especialment en la utilització de dejeccions ramaderes: la valorització dels materials orgànics com una important font de nutrients per als cultius i la integració d'aquest coneixement en les eines d'ajuda a la decisió en fertilització, els aparells per estimar-ne la riquesa en nutrients utilitzables des del tractor, la maquinària que permet millors distribucions dels purins i menys pèrdues atmosfèriques, els sensors òptics que permeten decidir la necessitat d'aplicació de les cobertes tardanes, etc.

S'exposen també les tendències i eines de futur que ja es comencen a estudiar o implantar en les nostres explotacions.

#### **Paraules clau:**

dejeccions ramaderes, purins, eines de decisió, sensors òptics, gestió de la fertilització.

#### **Resumen**

Los cambios producidos en los últimos años en la gestión de la fertilización orgánica y mineral de los cultivos extensivos y los condicionantes económicos, ambientales y sociales obligan a adaptar y mejorar tanto las prácticas que se realizan, como la maquinaria que se utiliza, como las herramientas y criterios de decisión que se ponen a disposición de los agricultores. El progreso de la tecnología es acelerado y en el futuro las innovaciones serán aún más importantes.

En esta comunicación se repasan las principales innovaciones que se han aportado, desde la investigación desarrollada en la Fundació Mas Badia y otras instituciones con las que se colabora, al manejo de la fertilización de los cultivos extensivos, especialmente en la utilización de deyecciones ganaderas. La valorización de los materiales orgánicos como una importante fuente de nutrientes para los cultivos y la integración de este conocimiento en las herramientas de ayuda a la decisión en fertilización, los aparatos para estimar su riqueza en nutrientes utilizables desde el tractor, la maquinaria que permite una mejor distribución de los purines y menores pérdidas atmosféricas, los sensores ópticos que permiten decidir la necesidad de aplicación de las coberturas tardías, etc.

Se exponen también las tendencias y herramientas de futuro que ya se empiezan a estudiar o implantar en nuestras explotaciones.

#### **Palabras clave:**

deyecciones ganaderas, purines, herramientas de decisión, sensores ópticos, gestión de la fertilización.

#### **Abstract**

The changes occurred over the last years on the management of the organic and mineral fertilization of arable crops and the existing economic, environmental and social conditions lead to adapting and improving, both the practices that are done, the equipment used and the tools and decision criteria supplied to farmers. The technological progress is fast and innovation will be even more important in the future.

In this communication, we are making an overview of the main innovations achieved, from the research carried out at Fundació Mas Badia and other institutions we collaborate with, to the management of the fertilization of arable crops, especially on the use of manure and slurry from livestock farming. Making valuable manure and slurry as a source of nutrients for crops and the integration of this knowledge into decision support tools and systems; devices to estimate slurry nutrient content implemented on the spreading equipment; equipment allowing a better distribution of slurry and lower losses to the atmosphere; optical sensors allowing to better decide the need of top-dressing application of fertilizers; etc.

We also point out tendencies and future tools which are already being studied or implemented in our farms.

#### **Keywords:**

manure, slurry, decision tools, optical sensors, fertilization management.



## 1. Introducció

La fertilització dels cultius extensius (blat, ordi, colza, blat de moro, farratges, etc.), tant en secà com en reg, que es practica actualment en les explotacions agrícoles catalanes no s'assembla gaire a la que es duia a terme dècades enrere. En moltes àrees s'ha estès la utilització de fertilitzants orgànics (dejeccions ramaderes, entre altres), cosa que, si bé l'aplicació al sòl d'aquests productes és una pràctica agrícola tradicional, no es feia en una superfície tan gran com actualment. En aquests moments, la gestió de la fertilització orgànica i mineral dels cultius extensius està molt condicionada per aspectes econòmics, ambientals i socials. Per tant, cal adaptar i millorar contínuament tant les pràctiques que s'hi duen a terme, com la maquinària que s'utilitza, com les eines i els criteris de decisió que es posen a l'abast dels agricultors. El factor tecnològic, el progrés de la tecnologia, és accelerat i ho serà també en el futur. D'una banda, permet posar eines, de les quals abans no es disposava, per millorar les pràctiques quotidianes i solucionar problemes existents. De l'altra, però, obliga a una adaptació continua a aquest progrés, que no sempre és fàcil d'assolir.

### 1.1 Aspectes generals de la fertilització dels cultius

Els cultius extensius necessiten els nutrients al llarg de tot el seu cicle. Però això no vol dir que l'aportació de nutrients per part de qui gestiona el cultiu hagi de ser contínua. D'altra banda, les dosis de nutrients que cal aplicar depenen, entre altres, de factors com les produccions que es poden assolir, els tipus de cultius, etc. I cal afegir que sovint els fertilitzants dels quals es disposa no contenen els nutrients en les proporcions idònies per a tots els cultius. S'ha de buscar l'equilibri entre les necessitats del cultiu i les disponibilitats o possibilitats del gestor.

Quan es planteja la fertilització d'un cultiu, cal considerar quatre aspectes: la dosi de nutrient, el moment d'aplicació, el tipus de fertilitzant i la manera d'aportar aquest nutrient o fertilitzant al sòl. Aquests aspectes estan molt relacionats els uns amb els altres i les decisions sovint s'han de prendre considerant el conjunt de tots quatre.

#### Productes que cal aplicar

Els fertilitzants que s'apliquen en els cultius extensius es poden classificar, a grans trets, segons el seu origen: *orgànics*, que provenen de la reutilització de subproductes de granges, indústries alimentàries, etc., o *minerals*, de síntesi industrial.

Els adobs d'origen orgànic solen ser les dejeccions ramaderes fresques (fems, purins, gallinasses) i, sovint, provenen de granges properes a l'explotació agrícola. Aquesta mena de productes contenen els principals macronutrients (N, P i K). La riquesa en nutrients és, sovint, desconeguda

i molt variable, en funció de l'espècie d'origen, però també varia entre explotacions de la mateixa espècie i aptitud.

Els adobs minerals són adobs sintetitzats químicament i amb un contingut en nutrients conegut. Per simplificar-ho, els classificarem en *complexos ternaris* i *simples nitrogenats*. Els complexos ternaris contenen els principals macronutrients (N, P i K) en concentracions diverses. De vegades inclouen altres nutrients també interessants per als cultius, com sofre, magnesi, etc. El adobs simples nitrogenats són adobs que contenen només N, dels macronutrients principals. Aquest macronutrient N pot trobar-s'hi en diverses formes (ureica, amoniacal, nítrica) que tenen disponibilitats varies per als cultius. Existeixen adobs nitrogenats amb riquesa en N molt diversos.

#### Moment d'aplicació

Per maximitzar les produccions dels cereals d'hivern és important que el cultiu estigui ben nodrit al llarg de tot el cicle, tant en els primers estadis (tardor i hivern), com en les fases de màxim creixement (Domingo, F. et al., 2012). Hi ha nutrients que, per la seva dinàmica, se solen aplicar una sola vegada, normalment abans de la sembra. És el cas del fòsfor (P) i el potassi (K). En altres —el cas del nitrogen (N), que és molt més mòbil en el sistema sòl-planta— és convenient fer aportacions a mesura que el cultiu creix, per assolir eficiències elevades en la utilització del nutrient. Es recomana fraccionar la fertilització dels cultius extensius en diverses aplicacions al llarg del cicle (fons: abans de la sembra; cobertora: quan el cultiu ja està implantat i creix), de manera que disposi de nutrients al llarg de tot el període de creixement (figura 1).

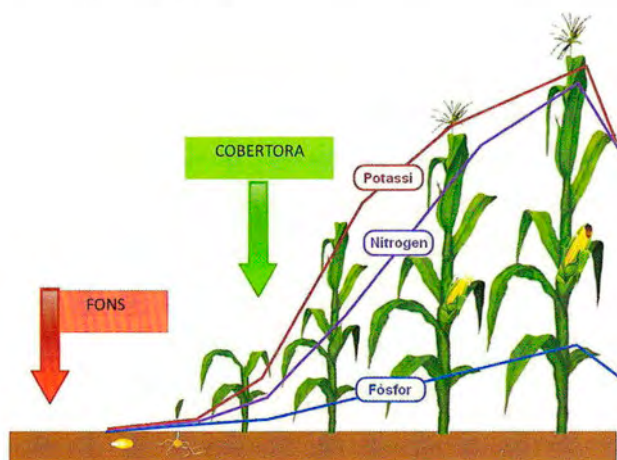


Figura 1. Evolució de l'extracció de nutrients per part dels cultius extensius i moment d'aplicació dels fertilitzants.

Abans de la sembra es poden aportar adobs orgànics, sòlids (fems) o líquids (purins), o adobs minerals complexos. Tots contenen els principals macronutrients que necessita el cultiu (N, P i K). Més endavant, en cobertora, quan s'incrementen les necessitats del cultiu (fins a la flora-



ció), s'aporten principalment adobs nitrogenats; ja sigui en forma d'adobs minerals simples o adobs orgànics líquids (purins), que són rics en aquest nutrient, tot i que també en contenen d'altres.

### **Forma d'aplicació**

L'aplicació dels adobs al sòl és un aspecte important, ja que si es fan aplicacions heterogènies es contribueix a augmentar la manca d'eficiència en la utilització dels nutrients, perquè en alguns llocs se n'aplicarà més del que és necessari i en altres, menys. Existeix maquinària per subministrar fertilitzants minerals que cada cop permet fer aplicacions més precises d'aquesta mena d'adobs. Per a les dejeccions ramaderes, la pràctica habitual requereix millores substancials en aquest aspecte.



Aplicador en ventall



Aplicador en relles



Rampa de tubs penjants

Figura 2. Diversos sistemes d'aplicació de dejeccions ramaderes líquides (purins).

Existeixen diversos equips d'aplicació de dejeccions ramaderes líquides al camp (figura 2). Cada equip d'aplicació (conjunt de tractor, cisterna i aplicador) és diferent. Les característiques del tractor (potència, forma de control de les revolucions en la presa de força, etc.), el volum de la cisterna, la pressió a la qual aquesta pot treballar, el tipus d'aplicador que s'utilitza (ventall, enterradors amb relles, rampa amb tubs penjants, etc.) i les seves dimensions i característiques, poden influir en el volum de purins ( $m^3/ha$ ) que s'apliquen en la pràctica (Mallol, C. i Domingo, F., 2012).

Els principals factors derivats de les característiques de l'equip i que poden influir en la dosificació final són la velocitat d'avanç, l'amplada de treball i el cabal de sortida. La uniformitat de l'aplicació depèn principalment de les característiques de l'aplicador. El sistema i tipus d'aplicació és, per tant, el factor més determinant i el que s'ha de triar amb més rigor, ja que incideix sobre tots els paràmetres anteriorment esmentats (Mallol, C. i Domingo, F., 2012).

### **Dosis d'aplicació**

L'aportació d'adob en fons s'ha de dur a terme amb dejeccions ramaderes o amb adobs minerals, de manera que s'apliquen els principals macronutrients (N, P i K). Les dosis que s'han d'aportar en fons, en la majoria de casos han de cobrir totes les necessitats de fòsfor i potassi del cultiu, per mantenir els nivells de fertilitat del sòl a mitjà o llarg termini. Pel que fa al nitrogen, la dosi és variable, ja que en alguns casos les aportacions de N en fons no seran necessàries i, a més, varien segons el cultiu. De forma general, abans de la sembra s'aporta del 25% al 40% de les necessitats totals de nitrogen del cultiu; la resta s'aporta en cobertura (Domingo, F. et al., 2013).

En molts casos, les dosis aplicades són les que marquen la rutina i el costum, però això pot portar a un error, principalment si parlem d'adobs orgànics, ja que presenten una gran variabilitat del contingut de nutrients.





Figura 3. Cereal d'hivern amb problemes d'ajagut, provocats per malalties afavorides per una aplicació excessiva de nutrients.

Cal ajustar les dosis que s'han d'aportar en funció de les necessitats del cultiu. El fet d'aportar dosis elevades de nutrients és improductiu, ja que genera una despesa econòmica innecessària, pot afectar negativament el medi ambient i, a més, l'excés de certs nutrients pot influir negativament en la producció del cultiu i la seva sanitat, i afavorir l'aparició de malalties (figura 3) o altres problemes fisiològics.

### 1.2 Què mostra aquest document?

Aquest article fa un repàs de les principals innovacions que s'han aportat en el procés de fertilització dels cultius extensius, especialment en la utilització de dejeccions ramaderes, des de la recerca duta a terme a la Fundació Mas Badia i altres institucions amb les quals es col·labora: la valorització com una important font de nutrients dels materials orgànics i la integració d'aquest coneixement en les eines d'ajuda a la decisió de la fertilització: els aparells per estimar-ne la riquesa en nutrients utilitzables des del tractor, la maquinària que permet millors distribucions dels purins i menys pèrdues atmosfèriques, els sensors òptics que permeten decidir la necessitat d'aplicació de les cobertes tardanes, etc.

## 2. Innovacions per a l'aplicació precisa de nutrients de les dejeccions ramaderes

L'aprofitament dels nutrients que contenen les dejeccions ramaderes s'ha fet des de fa segles. Durant decennis aquests nutrients s'han considerat pràcticament un residu i gairebé no se'n tenia en compte el valor. Darrerament aquest valor es torna a tenir present. No tornem, però, a pràctiques tradicionals. Els canvis en la societat i en l'agricultura han estat molt grans en aquest temps i ara cal redefinir la manera com s'utilitzen aquests materials, perquè l'entorn ha canviat completament.

Un dels principals inconvenients que presenten les dejeccions ramaderes a l'hora d'utilitzar-les com a fertilitzants dels cultius és que no se'n coneix el contingut en nutrients. Amb els anys s'ha establert aproximadament quins són

els continguts mitjans per tipologies de dejecció (fem de boví, purí de porcí d'engreix, purí de porcí de maternitat, etc.), però també s'ha vist que, dins de cadascun d'aquest tipus de productes, la variabilitat en la riquesa en nutrients continua sent molt alta. Altres inconvenients són la baixa precisió dels sistemes habituals d'aplicació per aplicar la dosi establerta i l'elevada heterogeneïtat en la distribució d'aquests productes en la parcel·la.

A continuació es detallen les principals innovacions que s'han aportat en el procés de la fertilització dels cultius extensius, especialment en la utilització de dejeccions ramaderes, des de la recerca feta a la Fundació Mas Badia i altres institucions amb les quals es col·labora.

### 2.1 Quins nutrients contenen les dejeccions ramaderes?

Com hem dit, per valoritzar les dejeccions ramaderes com una font de nutrients per als cultius és essencial conèixer la seva riquesa. A continuació es mostra la variabilitat elevada d'aquests productes, alguns mètodes ràpids que es poden utilitzar per estimar la riquesa en camp i l'adaptació d'un d'aquests productes per utilitzar-los des del tractor.

#### Variabilitat

Molts treballs han demostrat l'elevada variabilitat que s'observa quan s'analitza el contingut en nutrients dels purins, tot i agrupar-los segons l'origen (porcí, boví, etc.) i orientacions productives (engreix, maternitat, etc.) de les explotacions (Mallol, C. i Domingo, F., 2012). La taula 1 mostra aquesta variabilitat, referida a porcí.

Taula 1. Característiques i contingut de nutrients del purí de porcí d'engreix, truges i cicle tancat a Catalunya. Mostreig fet entre els anys 2007-2010 (n.:305). Adaptació de Parera, J. et al., (2010).

Tipus explotació:	Engreix (n.: 123)			Truges (n.: 92)			Cicle tancat (n.: 90)		
	Mitjana	Mín.	Màx.	Mitjana	Mín.	Màx.	Mitjana	Mín.	Màx.
Matèria seca (%)	6,7	0,7	17,5	2,7	0,4	11,9	3,8	0,6	13,1
Densitat (kg/m <sup>3</sup> )	1050	964	1166	1033	1001	1097	1043	987	1100
N amoniacal (kg/m <sup>3</sup> )	4,0	1,0	7,2	2,0	0,5	4,9	2,5	0,7	5,5
N total (kg/m <sup>3</sup> )	5,9	1,2	9,8	2,6	0,6	6,4	3,5	0,9	7,5
P2O5 (kg/m <sup>3</sup> )	3,2	0,2	13,6	1,7	0,1	9,4	2,2	0,1	10,0
K2O (kg/m <sup>3</sup> )	4,4	1,1	9,8	1,9	0,2	4,8	2,5	0,9	6,5
CE (dS/m)	30,4	10,7	46,2	18,5	6,2	37,9	21,9	10,5	38,2



*n.*: núm. de mostres; *mín.*: valor mínim en el grup de mostres; *màx.*: valor màxim en el grup de mostres.

Els valors mitjans d'aquestes taules són útils per dur a terme planificacions territorialitzades. Però aquesta elevada variabilitat fa que sigui impossible utilitzar-los a l'hora de planificar la fertilització dels cultius en la parcel·la agrícola.

### Mètodes ràpids d'estimació del contingut en nutrients

Hi ha eines que permeten estimar, de forma ràpida, fiable i in situ, la riquesa dels purins en nutrients. Existeixen mètodes diversos que ho permeten. En comentem dos.



Figura 4. Un aparell Quantofix (esquerra) i un conductímetre (dreta). Ambdós aparells permeten estimar el contingut dels purins en els principals nutrients.

El primer consisteix en la determinació directa del contingut en N amoniacal (figura 4), mitjançant el mètode Quantofix®. Es basa en la reacció d'una solució reactiva amb el nitrogen amoniacal ( $N-NH_4^+$ ), la forma de N més abundant del purí, que produeix  $N_2$  (gas). El gas produït, en les condicions estanques de l'aparell, eleva una columna d'aigua graduada, calibrada adequadament per llegir la riquesa en N amoniacal.

El segon consisteix en la mesura de la conductivitat elèctrica (CE) del purí (figura 4), que es relaciona amb el seu contingut en sals o ions. Diversos treballs han demostrat la relació entre aquesta mesura i el contingut en els principals nutrients del purí. Però aquesta relació no és universal i cal disposar de calibratges adaptats a diverses zones o tipolo-

gies de maneig de les dejeccions. Es tracta, doncs, d'una estimació indirecta del contingut en nutrients basada en treballs de calibratge que s'han de fer prèviament a l'ús en la pràctica d'aquest mètode. A Catalunya (Domingo, F. et al., 2009; Marquès Miret, L., 2002; Parera, J. et al., 2010a i 2010b) s'han determinat aquestes relacions entre la mesura de la CE i el contingut en nutrients dels purins de porcí i de boví amb coeficients de regressió al voltant de 0,75 pels diversos nutrients (Parera, J. et al., 2010a) amb més de 300 mostres de purins de diverses zones geogràfiques. La taula 2 mostra un exemple simplificat de la relació entre la CE mesurada amb conductímetre i el contingut estimat en nutrients d'una mostra de purins.

Aquest tipus de mètodes necessiten una mostra representativa dels purins de la fossa o de les cisternes d'aplicació abans de fer l'anàlisi, amb els possibles errors de mostreig, homogeneïtzació, etc., que són difícils d'evitar en camp. En el cas del mètode Quantofix, la determinació requereix uns quants minuts per a la preparació, procés de reacció i lectura. En el cas del conductímetre, la lectura de la CE és immediata, i l'elaboració de quadres com el de la taula 2 permet una estimació immediata del contingut en nutrients a partir d'aquesta lectura.

Taula 2. Taula de camp simplificada amb la relació entre els valors de CE i els continguts en N,  $P_2O_5$  i  $K_2O$  dels purins de porcí per a la província de Girona. Elaboració pels tècnics de l'IRTA Mas Badia en el marc del Pla per a la Millora de la Fertilització Agrària a les Comarques Gironines.

CE (ds/m)	N total (Kg/m <sup>3</sup> )	N amoniacal	$P_2O_5$	$K_2O$
10	1,67	1,07	1,67	1,64
30	4,17	2,91	2,43	4,04
60	7,92	5,67	3,56	7,64
80	10,42	7,51	4,31	10,04







Figura 5. Imatges de la sonda (esquerra) i el monitor (centre), situat a la cabina del tractor, de l'equip Fertimeter® (conductímetre per a instal·lació en cisterna) i de la sonda col·locada a la cisterna (dreta) per fer les lectures de riquesa en nutrients del purí.

### **Mètodes automàtics instal·lats en la cisterna**

Entre els mètodes anteriors, la mesura de la CE permet l'automatització del procés. Actualment hi ha conductímetres preparats per ser instal·lats en cisternes d'aplicació de purins (figura 5) a un preu assequible. Aquests equips consten d'un sensor de conductivitat instal·lat a la cisterna i d'un monitor a la cabina del tractor des del qual es pot mesurar la CE dels purins cada cop que s'omple la cisterna, sense necessitat de mostreig i amb els avantatges de precisió i estalvi de temps que això comporta. En el monitor, a més, s'hi pot introduir la relació entre la CE i el contingut en nutrients (taula 2). Així, sense la necessitat de mostreig i des de la cabina es pot conèixer el contingut en nutrients del purí i decidir, en cada cas, la dosi que s'ha d'aplicar, i agilitzar la presa de decisions i millorar la gestió agrícola dels purins (Mallol, C. i Domingo, F., 2012).

### **2.2 Maquinària per a l'aplicació de les dejeccions ramaderes**

Com s'ha dit, la correcta aplicació i distribució de les dejeccions ramaderes en les parcel·les agrícoles és essencial. L'adequada elecció dels equips que cal utilitzar és, doncs, un aspecte molt important de la gestió agrícola de les dejeccions. Tot seguit comentem, especialment pel que fa als purins, alguns dels principals aspectes

que cal considerar per escollir la maquinària que permeti millors distribucions i menys pèrdues atmosfèriques.

### **Homogeneïtat de la distribució**

Fer aplicacions homogènies dels purins és molt important per evitar zones de dèficit o excés de fertilització i assolir eficiències del fertilitzant elevades. L'homogeneïtat pot variar molt segons el tipus d'aplicador que s'utilitzi.

En els aplicadors en ventall l'homogeneïtat de distribució depèn de múltiples factors, des de la forma i posició de l'objecte sobre el qual impacta el raig de purí en sortir de la cisterna fins a la direcció i intensitat del vent en el moment de l'aplicació, passant per la densitat del purí que s'aplica, el pendent de la parcel·la, etc. És el sistema d'aplicació amb menor homogeneïtat d'aplicació i en què és més difícil de controlar.

En els sistemes d'enterrament o injecció i de rampes amb tubs penjants, les homogeneïtats d'aplicació solen ser elevades, sempre que la distància entre tubs de sortida del purí sigui baixa (menor de 30 cm) i s'asseguri la lliure sortida del purí en tots els tubs. Normalment això es fa mitjançant l'anteposició d'un equip triturador distribuïdor, o més d'un, entre la sortida de la cisterna i els tubs de sortida del purí. Quan aquest equip no hi és, o la distància entre tubs és elevada, l'homogeneïtat de distribució de l'equip pot disminuir molt. Això passa en enterradors senzills amb pocs tubs de sortida i sense triturador, que a més solen tenir amplades de treball molt baixes, que aporten dosis de purins molt elevades i de distribució molt irregular. Però, en general, els sistemes d'enterrament o injecció i de rampes de tubs penjants són els més adequats per aconseguir una correcta distribució del purí a la parcel·la (Mallol, C. i Domingo, F., 2012).

### **Amplada de treball, velocitat i cabal de sortida**

Per aportar dosis baixes de dejeccions, un dels paràmetres clau és que l'amplada de treball de l'equip sigui elevada. Aquest paràmetre depèn íntegrament del tipus d'aplicador. Les rampes de tubs penjants són les eines en què l'amplada de treball és més alta (Mallol, C. i Domingo, F., 2012). Per contra, els aplicadors de relles o discs solen tenir amplades de treball baixes, que dificulten la possibilitat d'aplicar dosis baixes. En el cas dels aplicadors en ventall, l'amplada de treball d'un equip es pot veure modificada per factors com la velocitat del vent, la densitat del purí, etc., i, per tant, es tracta d'un paràmetre que varia, per un mateix equip, en funció de variables externes i que fa molt difícil una gestió adequada de les dosis de purins aplicades.

Quan l'amplada de treball dificulta l'aplicació de les dosis desitjades, hi ha l'opció de regular la velocitat o el cabal de sortida de les dejeccions. Com més velocitat de desplaçament té l'equip, més petita és la dosi aplicada. A part



dels aspectes externs a l'aplicador (pendent del terreny, pes de la cisterna, etc.), els aplicadors que incorporen els purins al sòl, per exemple els aplicadors en relles, no poden assolir, en general, velocitats suficients per aplicar dosis agronòmicament correctes (Mallol, C. i Domingo, F., 2012).

### **Aplicacions en cobertora**

Les aplicacions en cobertora de purins són les que assoleixen més eficiència en la utilització del nitrogen (Bosch-Serra, A.D. et al., 2015). Les dejeccions líquides, purins, es poden aplicar en cobertora, amb el cultiu establert en camp, en alguns cultius extensius (cereals d'hivern, farratgers, etc.) si s'utilitza la maquinària adequada, que apliqui dosis baixes, faci un repartiment homogeni i eviti pèrdues atmosfèriques (Mallol, C. i Domingo, F., 2012). Els equips de tubs penjants o mànegues són els que compleixen les condicions esmentades: amplades de treball altes (de 12 a 24 m), elevada homogeneïtat de distribució i deposició del purí sobre el terreny (no sobre el cultiu) minimitzant la volatilització (figura 6). És la tipologia d'equipament més adequada per fer aplicacions en cobertora dels cultius que ho permeten.



Figura 6. Els aplicadors de tubs penjants o mànegues són els adequats per fer aplicacions de dejeccions líquides en cobertora, quan el cultiu ja està establert.

### **Eines d'ajuda a la decisió en fertilització**

La decisió sobre quina és la dosi de nutrients que un cultiu concret necessita no és immediata ni senzilla, especialment si es vol optimitzar la utilització de nutrients per part dels cultius. Hi influeixen factors com els mateixos cultiu i varietat, la utilització que se'n farà (gra, farratge, etc.), la producció que es preveu assolir (en funció de la zona, el sòl de la parcel·la, si es rega o és en secà, etc.), el tipus, les característiques i la fertilitat del sòl, l'aportació de nutrients per altres aspectes de maneig (nutrients presents en l'aigua de reg), etc. Cada cop hi ha més eines que poden ajudar a prendre les decisions adequades sobre les dosis que cal aplicar o altres aspectes. En comentem algunes.

### **El programa FertiNext**

Gràcies als treballs de recerca que es realitzen en diverses parts del territori i en circumstàncies de maneig diverses es va acotant i afinant la resposta dels cultius a certes pràctiques i tipus de fertilitzants, la disponibilitat de nutrients en diversos tipus de sòls i circumstàncies, i altres aspectes que afecten la fertilització dels cultius. Però disposar a la pràctica d'aquesta informació no és una tasca senzilla.

FertiNext és un programa informàtic que es basa en el balanç de nitrogen per determinar la dosi de nitrogen que s'ha d'aportar en un moment determinat del cultiu (fons i cobertores), i que integra informació de diverses fonts per fer aquesta tasca. Permet quantificar de forma ràpida, senzilla i eficaç les necessitats de N en parcel·la, considera de forma global totes les entrades i sortides importants de N, a partir de l'entrada d'informació senzilla sobre les actuacions dutes a terme i el maneig dels cultius que s'han de fertilitzar i els anteriors (Domingo, F. et al., 2012). El programa considera el N mineral que aporta al cultiu la matèria orgànica del sòl i el que hi ha present, les aportacions d'aquest element per part de les dejeccions fetes en campanyes anteriors, el que prové de l'aigua de reg i de les aportacions dutes a terme en anys anteriors, les extraccions del cultiu en funció de les produccions assolides, les pèrdues per rentat, etc. Es considera també el tipus de cultiu i aprofitament, la zona agroclimàtica on es troba la parcel·la, la precipitació ocorreguda en certs períodes, la riquesa en N de l'aigua de reg, el contingut de N en el sòl, els tipus de fertilitzants —orgànics o minerals— aplicats o que es volen aplicar (porcí, boví, engreix, maternitat, etc.), l'època o el moment d'aplicació i els cultius anteriors de lleguminoses, que aporten N al sistema.

### **Sensors òptics per a les aplicacions de cobertora**

Fer cobertores, i en determinats cultius cobertores tardanes, és clau per optimitzar la producció i augmentar la qualitat de la collita, com ara augmentar el contingut de proteïna d'un blat panificable. Els sensors òptics, en aquests estadis, serveixen d'eines d'ajuda a la presa de decisió per determinar la idoneïtat d'aplicació de cobertores tardanes (Domingo, F. et al., 2013). S'utilitzen principalment per establir petites carències de nitrogen en certs estadis que poden permetre que es decideixi sobre la conveniència de fer aplicacions de cobertora tardanes, amb la finalitat de augmentar el contingut de proteïna del gra per a produccions de qualitat (Domingo, F. et al., 2013). Es basen en la mesura de la incidència del cultiu sobre determinades longitud d'ona (roig i infraroig proper) que tenen relació amb el contingut en clorofil·la de la part aèria de la planta.

S'ha treballat amb dos tipus de sensors òptics manuals en camp (figura 7). El primer tipus, N-Tester o SPAD, mesura la transmitància per mitjà la fulla d'aquestes longi-



tuds d'ona. Requereix seleccionar les fulles que es volen mesurar i introduir-les entre els sensors per fer la mesura. El segon tipus, GPN, estableix la radiació reflectida pel cultiu en aquestes longituds d'ona. La dedicació que requereix la mesura és menor, ja que només cal moure l'aparell per sobre del cultiu que es vol mesurar i el sensor en capta la reflectància. En ambdós casos, i tal com esmenten diversos autors (Arregui, L.M. et al., 2006; Gholizadeh, A., et al., 2009; Rodríguez, M.N. et al., 1998), aquestes mesures donen informació sobre l'estat nutricional del cultiu (lligat al contingut en clorofil·la i N dels teixits vegetals). En funció dels valors obtinguts es pot definir la conveniència d'aplicació, i dosi, de fertilitzant en cobertura tardana del cultiu.



Figura 7. Tipus de sensors òptics manuals utilitzats. N-tester (esquerra) i GPN (dreta)

### La utilització de plataformes aèries per teledetecció

Hi ha sensors òptics que es poden instal·lar en diverses plataformes aèries (satèl·lit, avió, dron) i poden mesurar la reflectància dels cultius en diferents longituds d'ona. S'aconsegueixen imatges multispectrals georeferenciades (figura 8) d'extensió, variable segons la plataforma i la

definició desitjada, més gran que amb aparells manuals. A grans trets, se segueix un principi similar al que hem comentat pel que fa al GPN i, de forma similar, es pretén obtenir informació sobre l'estat nutricional del cultiu per dur-lo a terme definint la conveniència d'aplicació de fertilitzant en cobertura o altres aspectes.

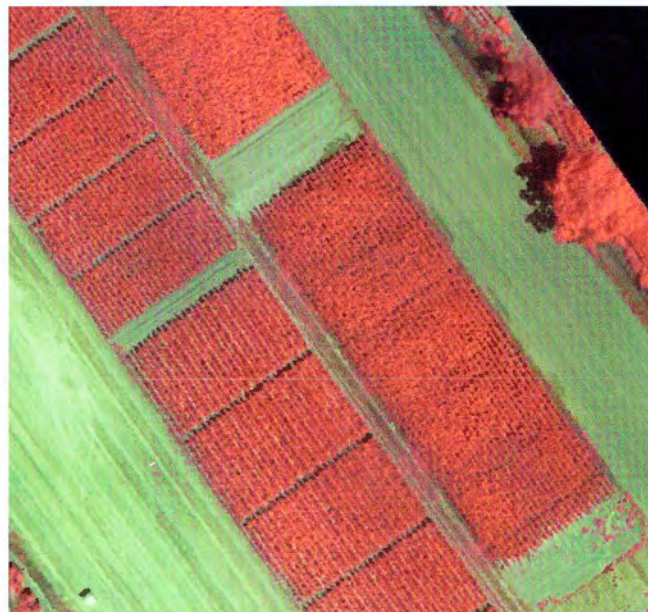


Figura 8. Imatges en fals color (esquerra) i en color verdader (dreta) a partir de dades multispectrals obtingudes amb dron sobre un assaig de fertilització en blat de moro.

### **3. Divulgació al sector i assessorament a l'agricultor**

Les institucions que duem a terme aquestes activitats i hi col·laborem tenim molt clar que és molt important que aquesta informació i aquestes eines arribin a influir en les pràctiques agrícoles de les explotacions per millorar la fertilització dels cultius. Les tasques de divulgació i trans-



ferència que es fan són múltiples. En aquesta apartat en destacarem només dues.

#### **Plans per a la millora de la fertilització agrària**

Els plans per la millora de la fertilització agrària sorgeixen l'any 2001, amb el Pla Pilot per la Millora de la Fertilització Nitrogenada a l'Agricultura del Baix Empordà, fruit de l'activitat conjunta que duen a terme Mas Badia i el DARP des de l'any 1995. Actualment s'estenen a la major part de zones agrícoles de Catalunya ([agricultura.gencat.cat/ca/ambits/agricultura/dar\\_fertilitzants\\_fertilitzacio/dar\\_fertilitzacio/dar\\_plans\\_millora\\_fertilitzacio](http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/agricultura/dar_fertilitzants_fertilitzacio/dar_fertilitzacio/dar_plans_millora_fertilitzacio)) i hi col·laboren diverses institucions i entitats, coordinades pel Departament d'Agricultura de la Generalitat de Catalunya. Aquests plans s'engloben dins la Oficina de fertilització i tractament de dejeccions ramaderes ([www.ruralcat.net/web/quest/oficina-de-fertilitzacio](http://www.ruralcat.net/web/quest/oficina-de-fertilitzacio)). L'objectiu principal ha estat aportar informació tècnica per millorar la fertilització orgànica i mineral dels cultius, en especial la de les dejeccions ramaderes, i divulgar aquesta informació al sector per a la millora pràctica de la gestió de la fertilització.

El projecte LIFE+ Futur Agrari

L'any 2013 es va iniciar el projecte LIFE+ Futur Agrari ([www.futuragrari.cat](http://www.futuragrari.cat)), coordinat pel DARP i en què participen institucions diverses. En aquest projecte es duen a terme diverses activitats de demostració sobre les possibles millores en la gestió de les dejeccions ramaderes, tant en la mateixa granja com en les aplicacions agrícoles per fertilitzar els cultius extensius (Domingo Olivé, F. et al., 2014).

Des del punt de vista de gestió de la fertilització agrària, s'està treballant en una àrea pilot, a la zona regable del canal Algerri-Balaguer (Noguera), d'unes 1.200 ha, on tenen lloc principalment tres activitats: l'assessorament directe als agricultors de la zona sobre la fertilització dels cultius en diversos moments d'aplicació de fertilitzants —fons i cobertores— en els cultius de regadiu utilitzant el programa FertiNext; la promoció de la utilització d'equips d'aplicació de purins que incorporin aplicadors de mànegues (figura 6), aparells per mesurar el contingut en nutrients dels purins (figura 5) i la regulació del cabal de sortida; la utilització de la teledetecció, diverses plataformes aèries i sensors, per decidir la dosi final de N que cal aplicar en cobertura tardana al cultiu de blat de moro, mitjançant fertirrigació.

#### **4. Principals aspectes que cal destacar**

La correcta fertilització dels cultius i gestió de les dejeccions ramaderes requereix cada cop la utilització de més informació, més coneixements i més tecnologia.

En aquest article s'ha fet un repàs de les innovacions que s'han aportat en aquest camp divers des de les activitats dutes a terme a l'IRTA Mas Badia en col·laboració amb

el DARP i altres institucions i entitats. Al llarg dels darrers quinze anys: i) s'ha aportat un millor coneixement de la resposta dels cultius extensius a les aplicacions de dejeccions ramaderes de tipus diversos; ii) s'ha obtingut més informació sobre el paper de diversos tipus de sòls en la nutrició dels cultius; iii) s'han posat a punt eines per estimar els continguts en nutrients de les dejeccions ramaderes, per la presa de decisions sobre les dosis de nutrients que s'han d'aplicar en general i en cobertores tardanes; iv) s'ha promogut la utilització d'equips per a l'aplicació de purins que dosifiquin millor aquests productes i redueixin les afeccions al medi; v) s'ha ajudat que la teledetecció es vagi incorporant en les preses de decisions en cultius extensius. D'altra banda, s'han fet esforços significatius en la difusió de totes aquestes innovacions en el sector agrícola. Sembla que el futur serà tan excitant o més de com ho han estat aquests darrers anys.

#### **Bibliografia**

- ARREGUI, L.M.; LASA, B.; LAFARGA, A.; IRAÑETA, I.; BAROJA, E.; QUEMADA, M. (2006). "Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions". *European Journal of Agronomy*, núm. 24, p. 140-148.
- BOSCH-SERRA, A.D.; ORTIZ, C.; YAGÜE, M.R.; BOIXADERA, J. (2015). "Strategies to optimize nitrogen efficiency when fertilizing with pig slurries in dryland agricultural systems". *European Journal of Agronomy*, núm. 67, p. 27-36.
- DOMINGO, F.; PARRERA, J.; MALLOL, C.; CANUT, N.; SERRA, J. (2009). "Automatic electrical conductivity measurement for a better on field management of pig slurry". *Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop. Connecting different scales of nitrogen use in agriculture*, p. 284.
- DOMINGO, F.; GONZÁLEZ, E.; MALLOL, C.; ROSELLÓ, A.; GELI, I. (2012). "Aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales en cobertera del cereal de invierno". *Vida Rural*, núm. 355, p. 14-19.
- DOMINGO, F.; GONZÁLEZ, E.; ROSELLÓ, A.; GELI, I.; SERRA, J. (2013). "Fertilización nitrogenada en cobertera y calidad del trigo para panificación". *Vida Rural*, núm. 356, p. 16-21.
- DOMINGO OLIVÉ, F.; ORTIZ GAMA, C.; PIFERRER GUILLÉN, X.; JABARDO CAMPRUBÍ, M. (2014). "Herramientas de ayuda a la decisión en la fertilización del maíz. Proyecto Life+ Futur Agrari". *Tierras*, núm. 221, p. 76-81.
- GHOZIZADEH, A.; AMIN, M.S.M.; ANUAR, A.R.; AIMRUN, W. (2009). "Evaluation of leaf total nitrogen content for nitrogen ma-



nagement in a Malaysian paddy field by using Soil Plant Analysis Development Chlorophyll Meter". *American journal of agricultural and biological sciences*, núm. 4 (4), p. 278-282.

MALLOL, C.; DOMINGO, F. (2012). "Viabilidad de distintos equipos de aplicación de purines para una óptima fertilización". *Vida Rural*, núm. 349, p. 56-66.

MARQUÈS MIRET, L. (2002). *Caracterització dels subproductes orgànics de les explotacions ramaderes del Baix Empordà* [projecte final de carrera de la titulació d'enginyer tècnic agrícola]. Universitat de Girona, 115 p.

PARERA, J.; DOMINGO, F.; MALLOL, C.; CANUT, N. (2010a). "Adaptación del uso de la conductividad eléctrica (CE) para determinar de forma rápida el contenido en nutrientes del purín porcino en Catalunya". *II Congreso Español de Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas*, p. 67.

— (2010b). "Determinación rápida de los nutrientes del purín de bovino de leche *in situ* en base a la lectura de la conductividad eléctrica (CE) para una correcta fertilización". *II Congreso Español de Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas*, p. 49.

RODRÍGUEZ, M.N.; ALCÁNAR, G.; AGUILAR, A.; ETCHEVERS, J.D.; SANTIZÓ, J.A. (1998). "Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila". *Terra Latinoamericana*, núm. 16 (2), p. 135-141.