

# DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓ I ASSESSORAMENT AL SECTOR AGROALIMENTARI

## N65 | FERTIRRIGACIÓ

**P03** Fertirrigació **P09** Fertirrigació en els fruiters una síntesi dels resultats dels últims anys **P13** Fertilització nitrogenada de cultius hortícoles **P18** Fertirrigació en un sistema tancat fora de sòl en un cultiu de roser per a flor tallada en hivernacle en condicions mediterrànies. Balanç hídric i mineral **P22** Fertirrigació en conreus herbacis extensius **P28** L'Entrevista

Octubre 2013



**ruralCat**

La comunitat virtual agroalimentària  
i del món rural

[www.ruralcat.net](http://www.ruralcat.net)



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Agricultura, Ramaderia,  
Pesca, Alimentació i Medi Natural**  
[www.gencat.cat/agricultura](http://www.gencat.cat/agricultura)





# PRESENTACIÓ



## Jaume Sió Torres

Subdirector general de Transferència i Innovació Agroalimentària

La gestió de l'aigua de reg i la fertilització han estat objecte d'altres Dossiers Tècnics. En aquest ens ocupa la fertirrigació, un concepte que uneix dues de les pràctiques més importants en agronomia.

La millora en la tecnologia del reg i molt especialment el reg localitzat han permès que es pugui posar a disposició de la planta l'aigua necessària en cada moment del seu cicle. Aquest avenç tecnològic ha possibilitat aplicar els nutrients conjuntament amb el reg. La fertirrigació permet avenços en el control del sistema sòl-planta fins al grau de poder prescindir del sòl com a font de nutrients en les tècniques de la hidroponia. La correcta utilització de la fertirrigació permet increments considerables de l'eficiència en la utilització de l'aigua i els nutrients i, a la vegada, millores significatives en els nivells de producció i qualitat. En un entorn on els recursos hídrics i els nutrients són cada cop més escassos, cal aprofitar tota la tecnologia i les millores agròniques al nostre abast per poder donar resposta als reptes fonamentals de l'agricultura, assolint nivells alts de producció i qualitat i alhora assegurant la sostenibilitat dels sistemes agraris.

En els darrers anys s'ha fet un esforç molt important en la modernització dels regadius i la posada en funcionament d'altres de nous i moderns. Aquestes millores permeten que en moltes de les 330.000 ha de regadiu es pugui emprar la fertirrigació, ja que una bona pràctica

d'aquesta passa per disposar de les instal·lacions adequades, del bon manteniment i del seu maneig i també d'un correcte programa de seguiment i control. Un factor clau en la bona gestió d'una instal·lació de fertirrigació és la formació i informació de les persones que en són responsables i, per aquest motiu, cal tenir present que els avenços en les instal·lacions han d'anar acompanyats de la millora del coneixement i la formació i informació de les persones que ho han de gestionar.

En molts casos, aquestes tecnologies han estat desenvolupades o posades a punt en altres contrades i és molt important que siguin provades i adaptades a les nostres condicions de conreu. En aquest Dossier Tècnic es presenten cinc treballs que reflecteixen els resultats de molts anys de treball d'investigadors de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, de la Universitat de Lleida i de la Fundació Mas Badia. Aquests treballs permeten veure alguns dels resultats obtinguts en cultius i situacions tan diverses com els fruiters, els conreus hortícoles, la flor tallada i els conreus extensius. Aquest Dossier també posa en relleu la importància del treball col·laboratiu entre tots els agents de la cadena del coneixement i de com aquest coneixement s'orienta a donar resposta a les necessitats dels agricultors i tècnics assessors. En aquest sentit, cal subratllar l'obertura de l'Oficina de fertilització i tractament de dejeccions i l'Oficina del regant, una aposta del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural (DAAM) per impulsar les bones pràctiques en l'ús de l'aigua i els fertilitzants i apropar i crear espais de treball conjunt entre el món de la recerca i les empreses del sector agrari. Aquestes oficines són una mostra de l'aposta estratègica del DAAM per la innovació, la recerca, la formació i la transferència com a elements claus de desenvolupament del sector agroalimentari.

Espero que aquest Dossier Tècnic sigui d'utilitat per a totes aquelles persones que en el seu dia a dia professional prenguin decisions en el reg i la fertilització dels cultius.

## Dossier Tècnic. Núm. 65 "Fertirrigació".

Octubre de 2013

### Edició

Direcció General d'Alimentació, Qualitat i Indústries Agroalimentàries.

### Consell de Redacció

Domènec Vila Navarra, Jaume Sió Torres, Joan Gòdia Tresanchez, Xavier Clopès Alemany, Ignasi Rodríguez Galindo, Joaquim Xifra Triadú, Agustí Fonts Cavestany (IRTA), Montserrat Alomà Masana, Mireia Medina Sala, Angela Seira Sanmartín, Joan S. Minguet Pla i Josep M. Masses Tarragó.

### Coordinació

Josep Maria Masses Tarragó.

### Producció

Teresa Boncompte Ribera, Josep Maria Masses Tarragó i Annabel Teixidó Martínez.

### Correcció i assessorament lingüístic

Joan Ignasi Elias Cruz, Lluís Piqueres Pla, Núria Domènech Pont.

### Gràfisme i maquetació

Hands On

### Impressió

Ediciones Gráficas Rey, S.L.  
Paper 50% reciclat i 50% ecològic.

### Dipòsit legal

B-16786-05  
ISSN: 1699-5465

El contingut dels articles és responsabilitat dels autors. DOSSIER TÈCNIC no s'hi identifica necessàriament. S'autoritza la reproducció total o parcial dels articles citant-ne la font i l'autor.

DOSSIER TÈCNIC es distribueix gratuïtament. En podeu demanar més exemplars a l'adreça: dossier@ruralcat.net

Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural  
Gran Via de les Corts Catalanes, 612, 4a planta  
08007 - Barcelona  
Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02  
e-mail: dossier@ruralcat.net

Més recursos, enllaços i versió electrònica al web de RuralCat:  
www.ruralcat.net

### Foto portada:

Finca de Presseguers. Autor: Víctor Montilla.



# FERTIRRIGACIÓ



Foto 1. Parcel·la d'equips de fertirrigació. ECA Alfarràs. Autor: Oficina del regant.

## 01 Objectiu de la fertirrigació

La **fertirrigació** és la tècnica de fertilització que consisteix en la dissolució de fertilitzants en l'aigua del reg. Aquesta aportació pot ser realitzada d'una forma contínua o d'una forma intermitent, segons quines siguin les necessitats del cultiu.

És una tècnica que s'adapta millor al reg localitzat amb què generalment s'aporten als cultius tots els nutrients i els correctors necessaris a través del reg. En canvi, en reg per aspersió i en reg per gravetat, la fertirrigació es limita, generalment, a l'aportació d'adobat nitrogenat en moments en què no es pot tenir accés a la parcel·la amb la màquina adobadora.

Per aconseguir una correcta aplicació de la fertirrigació, s'han de considerar una sèrie d'aspectes en relació al reg:

- Quantitat d'aigua que cal aplicar segons les necessitats.
- Qualitat de l'aigua: pH, salinitat, conductivitat.
- Distribució de l'aigua segons sistema i època de conreu.

En relació als adobs, s'han de considerar els aspectes següents:

- Quantitat de fertilitzant que cal aplicar.
- Qualitat del fertilitzant: solubilitat, pH de la solució.
- Distribució dels adobs en funció del sistema de reg i de l'estat vegetatiu de la planta.

## 02 Avantatges i inconvenients de la fertirrigació

Els principals avantatges de la fertirrigació són:

- Millora l'eficiència dels fertilitzants i la racionalització de la seva aplicació, redueix la pèrdua dels nutrients per lixiviació i necessita menys mà d'obra.
- Permet ajustar l'aplicació de fertilitzants a les necessitats del cultiu en cada moment del cicle vegetatiu.
- Facilita el control de les dosis i la uniformitat de distribució.
- Millora l'absorció dels nutrients aportats, ja que hi ha un elevat grau d'humitat al sòl.
- Es pot actuar de forma immediata en correcció de carències.



Per aconseguir una correcta aplicació de la fertirrigació, s'ha de considerar la tecnologia de la fertirrigació, la qualitat de l'aigua, la dosi de reg, el tipus de fertilitzant i les necessitats del cultiu.



Foto 2. Equip de fertirrigació. ECA Tarrega-Oficina del regant.  
Autor: Oficina del regant.

- Augmenta els rendiments i la qualitat dels fruits.

Els inconvenients de la fertirrigació són:

- Augmenta la salinitat de l'aigua de reg, la qual cosa incrementa el risc de salinització del sòl.
- Augmenta el risc d'obturacions dels emissors per les impureses i/o els precipitats dels fertilitzants.
- Es requereix una elevada uniformitat de reg.
- El preu dels fertilitzants específics per a fertirrigació és més alt que els fertilitzants convencionals.
- Suposa un cost inicial en infraestructures.
- Necessita de personal format o especialitzat per al seu maneig.

### 03 Aspectes generals en fertirrigació

En fertirrigació és important decidir en cada moment quina és la solució nutritiva que millor s'adaptarà al cultiu en concret. Per aquest motiu, és important conèixer, entre d'altres aspectes, la dinàmica dels nutrients en el sòl i la quantitat de fertilitzant que cal aplicar.

Per realitzar una fertirrigació correcta, cal conèixer entre d'altres aspectes el moviment dels nutrients en el sòl. El nitrogen no presenta problemes importants en fertirrigació donada la mobilitat que hi té. S'aplica generalment en forma nítric-amoniacal, i la part amoniacal es transforma ràpidament en part nítrica. Per aquest motiu, l'aplicació nitrogenada s'ha de fer molt fraccionada. El fòsfor i el potassi són elements poc mòbils perquè es fixen a les partícules del sòl, però la fertirrigació els incrementa aquesta mobilitat, i fa que aquests elements siguin més fàcilment disponibles.

La quantitat de fertilitzant que cal aplicar està directament relacionada amb les necessitats nutritives de cada conreu. Aquestes necessitats es calculen bàsicament establint un balanç entre les extraccions del cultiu, l'avaluació de les pèrdues per rentat i fixació de nutrients, i la contribució de la matèria orgànica. Hi ha metodologies que ajuden perquè la fertilització pugui ser més eficient: les anàlisis de sòl, les anàlisis de teixits (fulles, base de la tija, saba, fruits, etc.), l'observació visual de les plantes (vigor, qualitat de fruits, susceptibilitat a malalties...), etc.

Els requeriments de nutrients d'un cultiu varien en funció de la fase de desenvolupament en què es troba. En cultius arboris adults, es tindrà en compte el desenvolupament del fruit. I en el cas dels cultius herbacis, el desenvolupament de la planta sencera. La fertirrigació permet aplicar els fertilitzants de manera fraccionada segons les necessitats del cultiu en cada moment del cicle.

### 04 Característiques dels fertilitzants utilitzats en fertirrigació

Per utilitzar correctament els fertilitzants, cal tenir en compte les característiques que puguin influir en el sòl, en el cultiu o en el maneig de la instal·lació. Les característiques dels fertilitzants que cal considerar en fertirrigació són:

**a. Solubilitat.** - És la quantitat d'adob sòlid que es dissol sense precipitar en un diluent líquid i a una determinada temperatura. S'hauria de conèixer el grau de solubilitat del fertilitzant per saber la quantitat màxima que es pot afegir a una determinada quantitat d'aigua. La solubilitat depèn de la temperatura de l'aigua, és a dir, una major temperatura implica una major solubilitat. També s'ha de tenir en compte que, al dissoldre un sòlid en aigua, es produeix un descens de temperatura de la dissolució, i per tant se'n redueix la solubilitat.

**b. Salinitat.** - Al dissoldre un fertilitzant en l'aigua de reg, es modifiquen algunes característiques químiques d'aquesta aigua. Augmenta el seu contingut salí i, com a conseqüència, la seva conductivitat elèctrica. Per tant, per cada fertilitzant que s'utilitzi, s'ha d'establir la dosi màxima que es pot incorporar al reg.

**c. Grau de puresa.** - Els fertilitzants utilitzats en fertirrigació han de tenir un alt grau de puresa per evitar sediments o precipitacions que obstrueixin la instal·lació.

**d. pH.** - Un altre aspecte important és la modificació del pH de l'aigua a l'incorporar-hi els fertilitzants. La reacció que tindrà l'adob quan s'apliqui en el sòl dependrà del tipus de fertilitzant i del pH del propi sòl. En sòls de pH bàsic, hi cal emprar adobs de caràcter neutre o àcid. Aquests tipus d'adobs redueixen les obturacions del sistema de reg i també faciliten l'assimilació de determinats microelements.

	NITRAT POTÀSSIC	NITRAT CÀLCIC	NITRAT AMÒNIC	FOSFAT MONOPOTÀSSIC	FOSFAT MONOAMÒNIC	SULFAT POTÀSSIC	NITRAT MAGNÈSIC	SULFAT MAGNÈSIC
Nitrat potàssic	-	C	C	C	C	C	C	C
Nitrat càlcic	C	-	I	I	I	I	C	I
Nitrat amònic	C	C	-	C	C	C	C	C
Fosfat monopotàssic	C	I	C	-	C	C	I	I
Fosfat monoamònic	C	I	C	C	-	C	I	I
Sulfat potàssic	C	I	C	C	C	-	C	C
Nitrat magnèsic	C	C	C	I	I	C	-	C
Sulfat magnèsic	C	I	C	I	I	C	C	-

Taula 1. Incompatibilitats (I) o compatibilitats (C) d'alguns fertilitzants utilitzats en fertirrigació. Font: Fertiberia.

Adob	Proporció (fertilitzant/aigua)	kg de fertilitzant per 100 L d'aigua
Nitrat amònic (34,5 %N)	1/2	50
Nitrat càlcic (15,5-0-0)	1/2	50
Urea (46%N)	1/2	50
Fosfat monoamònic (12-61-0)	1/5	20
Nitrat potàssic (13-0-46)	1/7	14
Sulfat potàssic (0-0-50)	1/9	11

Taula 2. Proporcions i quantitats de fertilitzants emprades usualment per a la preparació de la dissolució mare d'alguns fertilitzants. Font: adaptat de J.A. Moyà.

En zones amb aigües riques en calci, no s'hi pot utilitzar sulfats, ja que poden provocar precipitacions de guix i obstruccions en els goters. El més convenient és mantenir una reacció àcida per evitar obturacions.

### 05 Preparació de la solució mare

En el procés de fertirrigació resulta essencial la preparació adequada del substrat (**solució mare**),

per tal que l'aplicació de fertilitzants mitjançant el reg tingui la màxima eficàcia. Posteriorment, quan s'injecta la solució mare a l'aigua de reg, es genera la solució nutritiva definitiva (**solució filla**).

Els aspectes que cal considerar en la preparació de la solució mare són la compatibilitat entre fertilitzants, la quantitat de fertilitzant que es podrà aportar en l'aigua de reg i la qualitat d'aquesta aigua de reg.

#### 05.01 Compatibilitat entre fertilitzants

En la Taula següent (Taula 1), s'hi mostren les incompatibilitats d'alguns fertilitzants utilitzats en fertirrigació:

S'han d'evitar les reaccions químiques que poden originar productes sòlids insolubles. Per exemple, s'ha d'evitar la barreja de productes que continguin sulfats amb els que continguin calci, ja que reaccionen i formen guix que precipita. També són incompatibles els fertilitzants que porten fosfats amb els fertilitzants que porten magnesi.

#### 05.02 Quantitat de fertilitzant

La quantitat d'adob que es pot barrejar s'establirà en funció de la solubilitat del fertilitzant i del rang de temperatures habituals amb què es treballa. Per evitar problemes, cal que la quantitat de fertilitzant utilitzat en la preparació de la solució mare sigui molt més baixa que la que teòricament es podria aplicar. La quantitat de fertilitzant que se sol barrejar en aigua per preparar la solució mare i no tenir problemes es mostra en la Taula 2.

Quan s'aportin diferents fertilitzants a una mateixa solució mare, s'haurà de començar barrejant-hi

Adob	Concentració recomanada (g/L)	pH	CE (dS/m)
Nitrat amònic (34,5 %N)	1	5,6	0,9
Nitrat càlcic (15,5-0-0)	1	6	1,1
Urea (46%N)	3	6,1	0,1
Solució N-20 (20 % N)	1	6,4	1,3
Solució N-32 (32 % N)	1	7,1	1,1
Àcid fosfòric (54% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,5	2,8	1,0
Fosfat monoamònic (12-61-0)	0,25	5,3	0,2
Nitrat potàssic (13-0-46)	0,5	6,6	0,6
Sulfat potàssic (0-0-50)	0,5	6,6	0,8

**Taula 3.** Concentració recomanada d'alguns adobs utilitzats en fertirrigació de la solució filla (aigua de reg + solució mare) i pH i conductivitat elèctrica (CE) per a aquesta concentració. Font: adaptada de Pastor M., 2005 i de Fertiberia, comunicació personal.



**La Fertirrigació millora l'eficiència dels fertilitzants, permet ajustar l'aplicació d'aquests a les necessitats dels cultius i pot augmentar els rendiments i la qualitat dels fruits.**

primer els fertilitzants que tinguin una menor solubilitat. També s'ha de considerar que els fertilitzants nitrogenats han de deixar-se per al final, ja que al dissoldre's refreden l'aigua, i aquest fet dificultaria la dilució dels altres fertilitzants.

## 06 La solució filla (aigua de reg + solució mare)

Quan s'injecta la solució mare a l'aigua de reg s'anomena solució filla, i és la que arribarà a la planta. Es mesuraran el pH i la salinitat de la solució filla per tal de comprovar que són adequats. Les concentracions recomanades de determinats fertilitzants en la solució filla es troben en la Taula 3.

És important que la solució tingui un pH lleugerament àcid, ja que d'aquesta manera es redueixen les obstruccions del sistema de reg.

i es millora l'absorció dels nutrients. És convenient que tingui un pH entre 5,5 i 6.

També s'ha de procurar que la conductivitat elèctrica (CE) de la solució no sobrepassi 3 dS/m, ja que si és superior, podria haver-hi fitotoxicitat. Tot i així, es recomana que la CE sigui al voltant de 1 dS/m.

## 07 Equips de fertirrigació

En el procés de fertirrigació, la solució es prepara en el capçal de reg. Per una banda, hi ha els tancs que contenen fertilitzants que solen disposar d'agitador, i, per una altra, hi ha l'equip d'injecció de l'adob.

**a.- Dipòsit per a la dissolució d'adob.** Es realitza la barreja amb el fertilitzant. La dissolució resultant serà injectada en el sistema.

**b.- Dispositiu per a la injecció de l'adob:**

**- El tanc d'adobatge.** És el sistema més simple. Consisteix en un dipòsit tancat hermèticament on hi ha el fertilitzant, i que es connecta en paral·lel a la xarxa de reg. És un sistema econòmic, però tendeix a desaparèixer, ja que el seu major problema és que la concentració d'adob injectat no és uniforme al llarg del temps.

**- Els injectors de Venturi.** Consisteixen en una canonada paral·lela a la canonada principal de la xarxa de reg, amb una estrangulació on es

produeix una depressió que provoca la succió de la solució fertilitzant. No necessita energia per al seu funcionament, però per garantir el seu funcionament requereix una pressió mínima de 2,5 a 3 atm a l'entrada del capçal de reg.

**- Els injectors elèctrics.** Són bombes accionades amb un petit motor elèctric que injecten la solució fertilitzant a la xarxa de reg. Les més comunes són les de tipus volumètric, ja sigui de pistó o de diafragma. Són de fàcil automatització i permeten una fàcil regulació del cabal d'injecció.

**- Els injectors hidràulics.** Són bombes que per funcionar no necessiten energia elèctrica. Utilitzen l'energia elèctrica que hi ha a la xarxa de reg. Necessiten que hi hagi una pressió mínima a la xarxa, al voltant de 2 atm. Les més utilitzades són les bombes injectores hidràuliques i les dosificadores volumètriques proporcionals.

## 08 Bibliografia

FUENTES, J.L. 2003. Técnicas de riego. Mundi Prensa. Madrid.

RUFAT, J. 2012. Apunts curs de fertirrigació. ECA Tàrraga. Oficina del Regant. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Barcelona.

WAA. 2010. Curs bàsic de regs. Servei de Formació Agrària. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Barcelona.

WAA. 2010. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

## 09 Autora



**Maite Sisquella Vila**  
Oficina del Regant-ECA de Tàrraga. DAAM  
mtsiquella@gencat.cat



**Xavier Vallverdú Llauredó**  
Programa Us eficient de l'Aigua. IRTA-Lleida  
xavier.vallverdu@irta.cat

## EXEMPLE 1- Determinació de les necessitats nutritives d'un cultiu llenyós

Disposem de les dades següents per a determinar les necessitats nutritives:

a) Una parcel·la de perera de la varietat Conference i formació en palmeta. La recol·lecció es realitza entre el 23 i 28 d'agost.

b) La producció esperada és de 22.500 kg/ha. Els càlculs es realitzaran en base a 1 ha de cultiu.

c) El sistema de reg és per degoteig i hi ha instal·lada una bomba injectora amb un cabal de 100 l / hora per a la fertirrigació.

d) De l'anàlisi de sòls es determina que la textura és franca i el nivell de Matèria Orgànica (MO) és del 2,8%. El nivell de fòsfor ( $P_2O_5$ ) és alt i el de potassi ( $K_2O$ ) és mitjà-alt.

e) Les extraccions totals o necessitats nutritives del cultiu les obtenim de la Taula 4.

D'aquesta Taula, n'estimem que les necessitats de la perera són:

- N: 2,3 kg N / 1 t fruit x 22,5 t / ha = 51,8 kg N / ha
- $P_2O_5$ : 0,9 kg N / 1 t fruit x 22,5 t / ha = 20,3 kg  $P_2O_5$  / ha
- $K_2O$ : 2,8 kg N / 1 t fruit x 22,5 t / ha = 63 kg  $K_2O$  / ha

Per tal de calcular les quantitats a aplicar, tindrem en compte el contingut de nutrients. En el cas del N es restarà l'aportació de la MO que, segons l'anàlisi del sòl, aporta 30 kg N / ha. El  $P_2O_5$  suposarà una aportació del 40% del total d'extraccions, mentre que, pel mateix motiu, en el cas del  $K_2O$  només s'aplicaran els 2/3 del total. Així, les quantitats a aportar seran:

- N: 51,8 (extraccions) – 30 (MO) = 21,8 kg N / ha
- $P_2O_5$ : 20,3 (extraccions) x 40% (nivell alt en sòl) = 8,1 kg  $P_2O_5$  / ha
- $K_2O$ : 63 (extraccions) x 2/3 = 42 kg  $K_2O$  / ha

Cultiu	kg de nutrient / 1000 kg de rendiment		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Presseguer i prunera	3,5	1	4
Perera	2,3	0,9	2,8
Pomera	2	0,9	2,8
Olivera	10	5	8
Panís per a gra	23	10	22

Font: elaborada per diversos autors

**Taula 4.** Extraccions aproximades de nitrogen, fòsfor i potassi per obtenir 1.000 kg de producció en alguns cultius

D'aquestes quantitats es pot deixar un marge del 15-20% a aplicar en postcollita, sobretot per al N i per al  $K_2O$ .

Tan bon punt s'han estimat les necessitats de nutrients de la campanya, s'ha de fer un calendari d'aplicació del consum mensual de nutrients, en funció de la fenologia del cultiu.

Suposem que l'explotació s'adapta a l'aplicació d'àcid fosfòric inicial, nitrat potàssic com a font de  $K_2O$  i també N, i nitrat amònic com a complement de N. A continuació, es realitza l'exemple de càlcul sobre el mes de març. En la resta de mesos el procés s'efectuaria de la mateixa manera tenint en compte la variació de les necessitats mensuals del cultiu.

**Càlcul del fòsfor a aplicar** - El fòsfor s'aplicaria a principi de campanya aprofitant per fer un rentat de les canonades. Si s'utilitza àcid fosfòric del 75% de riquesa:

$$8,1 \frac{\text{kg } P_2O_5}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ kg àc. fosfòric comercial}}{0,75 \text{ kg } P_2O_5} = 10,8 \text{ kg àc. fosfòric comercial } 75\%$$

La solució mare té una relació 1:1 per aquest producte (1 litre àc. fosfòric comercial i 1 litre aigua)

De les característiques del producte obtenim la densitat d'aquest

$$10,8 \text{ kg àc. fosfòric comercial} \times \frac{1 \text{ litre}}{1,6 \text{ kg}} = 6,75 \text{ litres àc. fosfòric comercial}$$

$$6,75 \text{ l àc. fosfòric comercial} + 6,75 \text{ l aigua} = 13,5 \text{ l solució mare } P_2O_5$$

El temps de treball de la bomba injectora:

$$13,5 \frac{\text{l solució mare}}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ hora bomba}}{100 \text{ litres}} = 0,135 \frac{\text{hores}}{\text{ha}} = 8,1 \frac{\text{minuts}}{\text{ha}}$$

Si s'aprofita per rentar les canonades, s'hauran d'omplir amb la barreja d'aigua-solució mare, deixar reposar 1-2 hores perquè l'àcid actüi, i rentar amb aigua després, fent un post-reg. Tenint en compte que en 4-6 minuts s'omplen les canonades de reg i si es vol aprofitar tot l'àcid fosfòric a aplicar perquè renti la instal·lació, es fraccionarà la seva aplicació en 3-4 vegades per aplicar així totes les necessitats (8 minuts) i rentar al màxim possible.

Per calcular l'aplicació de N i  $K_2O$ , primer es calcularia el  $K_2O$ , ja que l'adob utilitzat consta de N i  $K_2O$ , aplicant-hi simultàniament els dos elements. Per diferència entre la quantitat de N aplicada mitjançant  $KNO_3$  i el total requerit, es calcula el N que s'aplicaria amb el nitrat amònic.

**Càlcul de  $K_2O$  a aplicar** - La solució mare:

100 kg de  $KNO_3$  en 1.000 l solució (1 kg  $KNO_3$  i 9 litres d'aigua)

$$1,7 \frac{\text{kg } K_2O \text{ març}}{\text{ha i mes}} \times \frac{1 \text{ ha}}{1 \text{ sector}} \times \frac{1 \text{ kg } KNO_3}{0,44 \text{ kg } K_2O} \times 10 \frac{\text{l solució mare}}{\text{kg } KNO_3} = 38,6 \text{ l solució mare en el sector durant un mes}$$

Si es fa una distribució setmanal uniforme:

38,6 l solució mare / 4 setmanes al mes = 9,7 litres per setmana

En el cas de reg diari i fertirrigació diària, s'aplicaria 1,4 l diaris.

La correspondència de temps d'injecció de la bomba seria:

$$1,4 \text{ l solució mare} \times \frac{60 \text{ minuts injecció}}{100 \text{ l solució mare}} = 0,8 \text{ minuts diaris}$$

En el cas del K, l'aplicació d'1,7 kg K<sub>2</sub>O per hectàrea equival a 23,2 minuts de funcionament de la bomba, la qual cosa vol dir que **1 minut d'injecció de solució mare de K<sub>2</sub>O suposa 0,07 kg K<sub>2</sub>O aplicats.**

L'aplicació de K<sub>2</sub>O amb nitrat potàssic comporta també una quantitat de N:

$$1,7 \frac{\text{kg K}_2\text{O en nitrat potàssic}}{\text{ha i mes}} \times \frac{0,13 \text{ kg N en nitrat potàssic}}{0,44 \text{ kg K}_2\text{O en nitrat potàssic}} = 0,5 \text{ kg N (a sostroure del total de N a aplicar)}$$

En el cas del N, l'aplicació de 1,7 kg K<sub>2</sub>O per hectàrea comporta l'aplicació d'0,5 kg de N en 23,2 minuts de funcionament de la bomba, la qual cosa vol dir que **1 minut d'injecció de solució mare de K<sub>2</sub>O suposa 0,02 kg N aplicats.**

**Càlcul del N a aplicar** – La solució mare: 200 kg de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (nitrat amònic) en 1.000 l solució (2 kg N i 8 litres d'aigua)

$$1 \frac{\text{kg N marc}}{\text{ha i mes}} - 0,5 \frac{\text{kg N aplicat amb KNO}_3}{\text{ha i mes}} = 0,5 \frac{\text{kg N}}{\text{ha i mes}} \text{ a aplicar amb N-33,5 o nitrat amònic}$$

$$0,5 \frac{\text{kg N marc}}{\text{ha i mes}} \times \frac{1 \text{ ha}}{1 \text{ sector}} \times \frac{1 \text{ kg N-33,5}}{0,335 \text{ kg N}} \times \frac{10 \text{ l solució mare}}{2 \text{ kg N-33,5}} = 7,5 \text{ l solució mare en el sector durant un mes}$$

Si es fa una distribució setmanal uniforme:

7,5 l solució mare / 4 setmanes al mes = 1,9 litres per setmana

En el cas de reg diari i fertirrigació diària, s'aplicaria 0,3 l diaris.

La correspondència de temps d'injecció de la bomba seria:

$$0,3 \text{ l solució mare} \times \frac{60 \text{ minuts injecció}}{100 \text{ l solució mare}} = 0,2 \text{ minuts diaris}$$

En el cas del N, l'aplicació de 0,5 kg N per hectàrea equival a 4,5 minuts de funcionament de la bomba, la qual cosa vol dir que **1 minut d'injecció de solució mare de N suposa 0,11 kg N aplicats.**

## EXEMPLE 2 - Fertirrigació del panís abans de floració

Disposem de les dades següents per a determinar la dosis de fertilitzant a aplicar:

a) Una parcel·la de panís de cicle 700 sembrat a inicis del mes de maig amb una densitat de sembra de 85.000 llavors per hectàrea. La recol·lecció es realitza a finals d'octubre.

b) La producció esperada és de 14.000 kg/ha. Els càlculs es realitzaran en base a 1 ha de cultiu.

c) El sistema de reg és per aspersió i hi ha instal·lada una bomba injectora de fertilitzant amb un cabal de 250 l / hora.

d) Previ a la sembra del panís, s'han fet aplicacions de fons amb fems i aplicacions de purins, les dosis dels quals s'han calculat a partir d'anàlisis del sòl i tenint en compte els límits marcats per la normativa vigent aplicable.

e) La primera quinzena de juny es realitza una anàlisi de sòl i dels resultats se n'extreu una manca d'aquest. Per aquest motiu, es recomana un adobat de cobertura de 50 kg / ha que s'haurà de fraccionar i aplicar entre la data de la recomanació i dues setmanes abans de floració.

L'agricultor decideix aplicar adob líquid N-32 per a l'adobat de cobertura:

### Càlcul dels litres de solució nitrogenada N-32 a aplicar

Segons la informació aportada pel fabricant de l'adob a les característiques del producte, tenim:

$$50 \frac{\text{kg N}}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ kg N-32,5}}{0,32 \text{ kg N}} \times \frac{1 \text{ l solució}}{1,33 \text{ kg N-32,5}} = 117,5 \text{ l de solució nitrogenada}$$

L'agricultor decideix fraccionar en 4 aplicacions el nitrogen a aportar abans de floració: 117,5 l solució mare/4 aplicacions=29,4 litres de solució per aplicació

La correspondència de temps d'injecció de la bomba seria:

$$29,4 \text{ l solució mare} \times \frac{60 \text{ minuts injecció}}{250 \text{ l / h injectora}} = 7,1 \text{ minuts per aplicació}$$

### A nivell pràctic:

Quan els temps d'aplicació són baixos, com en l'exemple 1, es pot realitzar la fertirrigació cada dos o tres dies per tenir la bomba en funcionament més temps i evitar errors de distribució amb temps tan curts d'aplicació.

Quan es faci la programació, es pot introduir uns segons de temps sense subministrar adob entre les dues aplicacions de solució mare diferents (exemple 1).

Cal tenir present sobretot el temps de postreg (neteja) i, encara millor, la possibilitat d'aplicar aigua a través de la bomba, com si fos un altre adob, que assegurí que en el tram entre els dipòsits i la canonada de reg no hi quedin restes d'adob.



# FERTIRRIGACIÓ EN ELS FRUITERS

## UNA SÍNTESI DELS RESULTATS DELS ÚLTIMS ANYS



Foto 1. Fertirrigació en presseguer cultivat en cavallons. Autor: Victor Montilla

### 01 Introducció

El reg i l'adobatge són dues tecnologies fonamentals per a la gestió de la producció dels cultius fruiters de zones àrides i semiàrides. Actualment, tots som conscients de la necessitat d'optimitzar l'ús d'aquests dos recursos. Les raons són múltiples: des de les lligades a l'ús eficient d'aquests recursos escassos fins a mantenir els ecosistemes productius amb bona salut ambiental. No obstant això, no s'ha d'oblidar la idea central de mantenir i potenciar la rendibilitat dels sistemes productius com a requisit fonamental per al desenvolupament d'un sector –l'agroalimentari– essencial en l'economia del país.

Les eines disponibles per assolir els objectius apuntats es basen en dos eixos: el coneixement

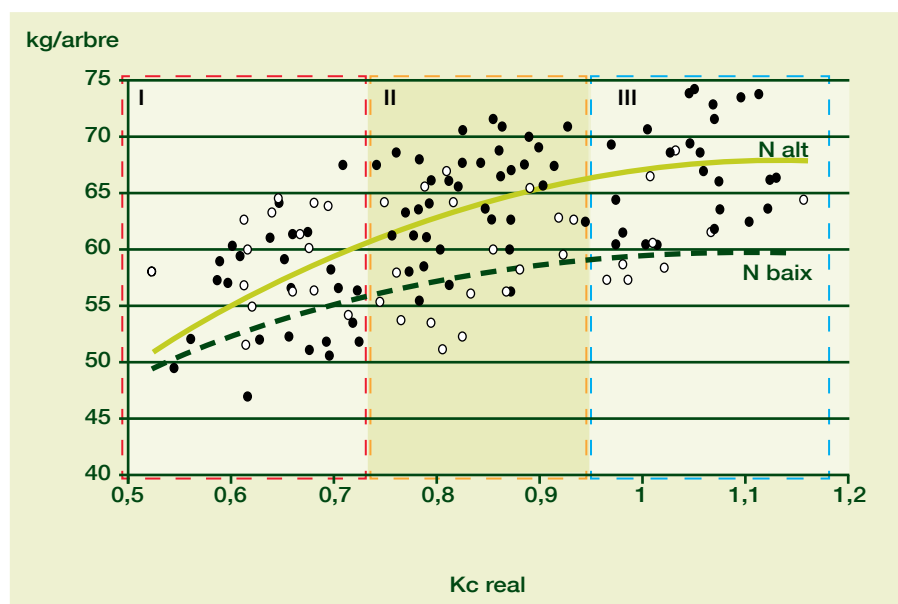
acurat dels **efectes de reg i la nutrició** en els cultius, cabdals en la resposta productiva i qualitativa dels fruiters, particularment les qüestions referents a dosis i millorar els moments d'aplicació d'ambos recursos. En aquest sentit, l'estudi del reg en diferents moments del cicle i dels efectes de la fertirrigació són fonamentals per incrementar els rendiments, per potenciar la qualitat, per assolir altes taxes d'eficiència o per mitigar els efectes del medi sota circumstàncies adverses. Avui, amb una fracció important de la producció de fruita dedicada a l'exportació cap a mercats d'alt valor afegit, és indispensable també tenir un coneixement precís dels efectes de l'aigua i els nutrients en la qualitat de la fruita, tant la pròpiament de consum com, particularment, pel que fa a la resistència a manipulació, transformació, conservació, transport i vida en la prestatgeria i la llar.

La **gestió del reg**, mitjançant la formació de tècnics i productors en el maneig de les noves tecnologies, el desenvolupament d'eines i mètodes de suport per al diagnòstic i la presa de decisions de maneig de manera assequible i prou precisa, i la incorporació a les plantacions d'infraestructures de reg i adobatge equipades i dissenyades per assolir una alta eficiència hidràulica i energètica en el transport, la distribució i l'aplicació d'aigua i nutrients.

En aquest article ens centrarem més en la primera part, focalitzant en els efectes en el creixement, rendiment i qualitat de l'aplicació d'aigua i nutrients, fonamentalment en pomera i presseguer, a partir dels resultats obtinguts en diferents assaigs de llarga durada realitzats durant els últims anys.

		RENDIMENT	PES DEL FRUIT	PRODUCTIVITAT DE L'AIGUA
Reg	R-100	63,4 a	137 a	80,86 b
	R-II	61,75 b	122 b	88,98 a
	R-III	59,05 b	121 b	85,22 ab
Nitrogen	N-0	58,42 b	130 n.s.	82,52 ab
	N-60	63,65 a	130 n.s.	87,66 a
	N-120	62,12 b	123 n.s.	84,73 b
Bloc		n.s.	0,01	n.s.
Any		<0,0001	<0,0001	<0,0001
Reg x Nitrogen		n.s.	n.s.	n.s.
Nre. Fruits/arbre		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Potencial hídric ( $\Psi_s$ )		< 0,001	< 0,001	< 0,0001

**Taula 1.** Efecte dels tractaments de reg i nitrogen sobre el rendiment (kg/arbre), el pes del fruit (g) i la productivitat de l'aigua (kg fruita/m<sup>3</sup>). Els nivells connectats amb la mateixa lletra no són significativament diferents segons el test de Tukey HSD,  $P \leq 0,05$ .



**Figura 1.** Resposta productiva (kg fruits/arbre) segons el coeficient de cultiu real utilitzat (reg+pluja efectiva/ET<sub>0</sub>). Els cercles ennegrits corresponen a parcel·les amb una alta aplicació de nitrogen, mentre que els cercles buits corresponen a parcel·les que no han rebut nitrogen durant l'experiment.

## O2 Efectes del reg i la nutrició segons diferents estratègies

Des de 2006 i al llarg de sis campanyes, s'ha treballat en un assaig en presseguer per tal d'avaluar els efectes de l'aplicació d'aigua i nitrogen en diferents condicions. En aquest cas, l'assaig comparava reg total amb el reg deficitari controlat en la fase II i en la fase III de creixement del fruit; alhora, es va estudiar l'efecte combinat del reg amb l'aplicació de nitrogen amb dosis moderades i altes, juntament amb la no-aplicació d'aquest nutrient, ja que el sòl era ric en matèria orgànica, amb una oferta natural de nutrients alta, fins i tot estimada com a suficient per mantenir una producció acceptable. Alguns dels resultats de les quatre campanyes centrals (2007-2010) es mostren en la Taula 1 i les Figures 1 i 2. En una primera anàlisi es constata, com en altres treballs de recerca, que el reg deficitari mostra una tendència a afectar el rendiment de la fruita i el pes del fruit quan els nivells d'estrès hídric s'accentuen en algun dels moments crítics del cicle (zona I de la Figura 1). Alhora, en aquestes condicions, es manifesta també la ineficàcia de les aplicacions de nutrients per la manca de l'aigua necessària al cultiu.

Com a contrapartida, quan es mantenen les plantacions en nivells d'estrès hídric moderat, les possibilitats d'estalvi d'aigua són realment interessants per al productor, ja que el tancament estomacal és limitat, i per tant l'intercanvi gasós i la fotosíntesi de la planta es mantenen a nivells que no limiten el creixement dels fruits. A partir d'aquestes condicions, sense limitacions fisiològiques severes, és quan es produeix una clara resposta a l'aplicació de nutrients (zona II i III de la Figura 1) i s'obté la màxima efectivitat del binomi aigua-nutrients des d'un punt de vista productiu. En aquest interval és on, a través d'una bona gestió tècnica, les estratègies de reg deficitari controlat es poden utilitzar exitosament o, en altre cas, es poden planejar alternatives dirigides a obtenir els rendiments màxims.

En els resultats també es fa palès l'efecte de la càrrega (nombre de fruits per arbre) en les necessitats d'aigua, efecte que, particularment, es manifesta en condicions de dèficit hídric. Com més gran és la càrrega, major és la necessitat d'aigua del fruïter, tema estudiat en recents treballs de recerca de l'IRTA, que han demostrat de manera clara que l'aclarida de fruits pot constituir una estratègia pal·liativa molt útil en períodes de limitacions d'aigua imposades.

### 03 La utilitat de les tècniques de fertirrigació en fructicultura

Avui es posseeix una visió força madura dels efectes de les diferents estratègies de reg i l'aplicació de nutrients en els rendiments i en la qualitat organolèptica de la fruita, de manera que es poden avaluar amb una precisió raonable tant les necessitats d'aigua com de nutrients. Paral·lelament, en un altra vessant, és perceptible l'enduriment de l'accés als mercats, cada cop més concorreguts, exigents i llunyanos.

En resposta a aquesta situació, una estratègia plausible i comuna en qualsevol fructicultura tecnificada tracta d'augmentar la precocitat productiva, els rendiments i la qualitat de les collites per mantenir el marge brut dels cultius fruiters i, si és possible, millorar-lo. Entre les eines disponibles per a aquest propòsit, la tecnologia de la fertirrigació n'és una de les cabdals.

Amb l'objectiu de conèixer els efectes de la fertirrigació sobre precocitat i rendiment de les plantacions, el 2010 es va iniciar un assaig en préssec pla, en una plantació en el segon any. Els arbres s'han regat a plena dotació, assegurant que en cap moment hi hagués dèficit hídric que pogués afectar el creixement vegetatiu potencial dels arbres. Els diferents tractaments de nutrició es realitzaren mitjançant una solució nutritiva completa tipus Hoagland, aplicada en continu (sempre que es regava s'aplicava adob) fins a collita (NUT100), aplicant la mateixa solució al 50% de concentració (NUT50), al 25% (NUT25) durant el mateix període, i una solució completa només fins al final del període d'enduriment del pinyol (NUT100STOP).

En síntesi, els resultats obtinguts fins avui demostren l'efectivitat de la fertirrigació en continu amb solucions equilibrades per a l'obtenció d'altas taxes de creixement vegetatiu i alts rendiments. Efectivament, la fertirrigació dels arbres joves durant tota l'estació de creixement promou el volum complet de plantació en molt poc temps, com demostra que a la fi del segon any de plantació ja es va obtenir un creixement considerable (Taula 2). Atentent els volums d'arbre assolits, la poda i l'aclarida de fruits de la campanya 2012 es varen ajustar a la capçada, de tal manera que fos possible avaluar l'efecte del creixement diferencial obtingut. Els resultats indiquen clarament que és possible obtenir altes taxes de creixement i alts rendiments en pressec, reduint el període improductiu. Es

	NUT25	NUT50	NUT100STOP	NUT100
<b>Rendiment 2012</b>	38,2 b	45,0ab	44,5ab	50,8a
<b>Sup. Foliar 2011</b>	2,4 b	2,5 b	2,8 ab	3,1 a
<b>Sup. Foliar 2012</b>	3,0 b	3,0 b	3,5 ab	3,8 a
<b>Eficiència productiva del Nitrogen</b>	200	142	135	100
<b>Pes fruit 2012</b>	132 b	151 a	141 ab	138,8 b
<b>Fermesa 2012</b>	4,2	4,9	5,2	5,1
<b>Sòlids solubles</b>	13,9	13,6	13,1	13,5
<b>N Fulla 2012</b>	2,7 b	3,3 a	3,5 a	3,4 a
<b>N Fruit 2012</b>	6.730 b	9.847ab	9.531ab	11.061 a
<b>Mg fruit 2012</b>	584	570	574	589
<b>Ca fruit 2012</b>	635 a	500 b	432 b	485 b
<b>K fruit 2012</b>	13.186	12.654	13.098	13.785
<b>P fruit 2012</b>	1.226	1.187	1.189	1.234

**Taula 2.** Efecte dels tractaments de fertirrigació sobre el rendiment comercial de fruita (kg/ha), Superfície foliar al final del període de creixement 2011 i 2012 (en m<sup>2</sup> de projecció de capçada), Eficiència productiva del nitrogen (% sobre NUT100), pes del fruit (g), fermesa (N), sòlids solubles (Brix), contingut de N en fulla (%), N en fruit (ppm), Mg en fruit (ppm), Ca en fruit (ppm), K en fruit (ppm) i P en fruit (ppm). Els nivells connectats amb la mateixa lletra no són significativament diferents segons el test de Tukey HSD, P<0,05.

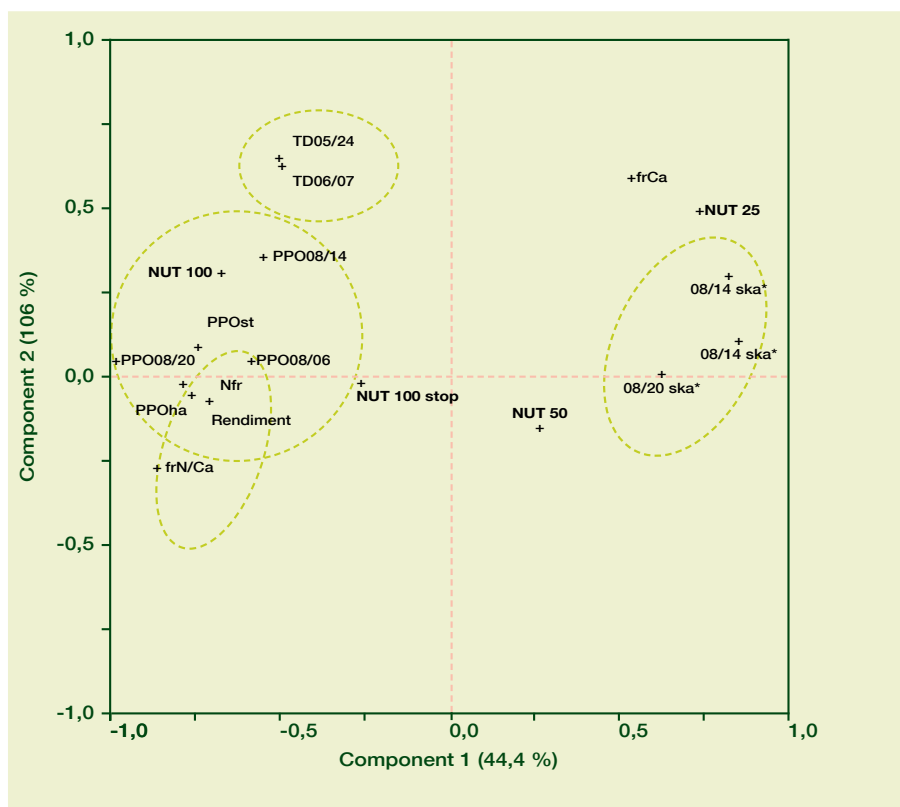
constata, però, que l'ús de solucions nutritives per afavorir el creixement i la producció comporta una baixa eficiència de la nutrició, la qual cosa suposa un major esforç de gestió per tal de controlar els efectes ambientals associats.

### 04 La dualitat dels efectes de l'ús de l'aigua i els nutrients

Més enllà dels efectes del reg i la nutrició lligats a rendiments i qualitat de camp dels fruits o de l'eficiència d'ús dels recursos, està clar que, avui per avui, no es pot parlar de la producció

de fruita sense parlar de qualitat des d'una perspectiva global, tant en els atributs que demana el consumidor, com dels desitjables per a l'optimització dels processos des de la collita a la distribució.

Els treballs de recerca esmentats també s'han dissenyat per obtenir resultats en aspectes importants per a la qualitat final de la fruita, com són l'aptitud de la fruita per a suportar tot el procés de collita, manipulació i transport, i per mantenir en destinació una perdurabilitat convenient per a satisfer tant la distribució com



**Figura 2.** Gràfics de pesos de l'anàlisi multivariant en components principals (PCA) per determinar les variables més importants relacionades amb l'evolució de PPO segons els règims de fertirrigació utilitzats. TD és el vigor dels arbres expressat com a secció de tronc, PPO és l'activitat mesurada de l'enzim polifenol oxidasa, Nfr i Cafr són els continguts de nitrogen i calci en fruit, Rendiment és la producció de fruita (kg/ha) i ska\* és el valor a de color del fruit en l'espai CIElab. Les xifres que segueixen a cadascuna de les variables indica la data de presa de mostra i anàlisi.

el consumidor. Essent tots ells aspectes fonamentals per una fructicultura amb vocació exportadora, com és la de casa nostra.

L'activitat de l'enzim polifenoloxidasa (PPO), i altres associats, està lligada a la pèrdua més o menys accentuada de qualitat dels fruits. Conèixer els factors de camp i maneig que poden afectar la intensitat d'aquest procés ha estat un objectiu prioritari dels treballs dels últims tres anys fets per l'IRTA i la UdL. S'ha arribat a resultats que indiquen clarament que l'activitat PPO està molt lligada a un maneig inadequat de la nutrició (Figura 2). De manera que, en situacions de gestió inadequada del cultiu, particularment quan s'ha utilitzat dosis altes de nitrogen o s'ha aplicat en fases tardanes, obtenint fins i tot rendiments alts i fruita aparentment de bona qualitat, no es pot assegurar un resultat adient en la perdurabilitat de la fruita des del moment de la collita, incorrent en un increment important del risc de no cobrir les expectatives inicials de mercadeig del producte per fallida de la satisfacció del distribuïdor i del consumidor. El planejament de base d'aquesta recerca tracta de fer un seguiment acurat des de l'inici de la maduració fins a la collita, que ha estat realitzada

seguint criteris de maduresa comercial uniforme per a tots els tractaments segons fermesa, els sucres i el color de fons; això ha implicat collir en diferents dates segons l'evolució dels fruits de cadascun dels tractaments.

L'activitat PPO es manifesta de manera intensa i ben diferenciada des del moment inicial de la maduració, quan encara no és visible cap diferència aparent en els fruits. Aquesta activitat es manté de manera accentuada en el transcurs de la maduració en el règim de fertirrigació més intensa, produint alhora més creixement de l'arbre i més rendiment de fruita, però reduint-ne sensiblement la perdurabilitat. Entre els nutrients, el nitrogen i el calci juguen un paper destacat en aquesta resposta de la PPO, de manera que els fruits amb alta activitat PPO presenten alts continguts de nitrogen, mentre que els sotmesos a règims moderats de nutrició tenen un contingut més elevat de calci. Com a contrapartida, un règim de fertirrigació de baixa intensitat fa que l'activitat PPO sigui molt moderada i que la fruita tingui més color, amb més possibilitats de pervivència postcollita.

Pels resultats obtinguts, els règims de fertirrigació 50% de la concentració i les solucions a

plena concentració fins a l'enduriment del pinyol manifesten resultats adients, car permeten assolir rendiments elevats sense comprometre la perdurabilitat de la fruita.

## 05 Conclusions

La problemàtica associada al maneig adequat del reg i la nutrició és innegable, i exigeix una elevada intervenció de recursos humans, materials i d'informació per tal de gestionar de manera efectiva aquests processos claus per a la producció. D'un reg inadequat, en resulta la ineficiència de la nutrició i, alhora, d'un ús poc raonat de la nutrició, la disminució de la resposta a l'aplicació d'aigua. La combinació d'ambdós recursos, reg i nutrició, té un efecte additiu i directe en la resposta productiva, essent una qüestió crucial el coneixement sobre la qualitat de la fruita obtinguda, particularment per a la fruita amb possibilitat de generar un alt valor afegit i un comerç a llarga distància.

S'ha de tenir en compte també que el progrés en aquest àmbit tant sols es pot produir amb la participació de tots els agents implicats. Per al tècnic de producció és indispensable posseir eines específiques per a la valoració de la qualitat necessària per assolir els objectius de la comercialització i, a l'inrevés, és essencial per al comercialitzador posseir una avaluació prèvia objectiva de les possibilitats del producte, més enllà dels índexs comuns de definició de la qualitat en collita.

## 06 Autors



**Miquel Pascual Roca**  
Departament d'Horticultura, Botànica i Jardineria.  
ETSEA-UdL  
pascual@hbj.udl.cat



**Josep Rufat Lamarca**  
Programa Ús eficient de l'Aigua. IRTA-Lleida  
josep.rufat@irta.cat

# FERTILITZACIÓ NITROGENADA DE CULTIUS HORTÍCOLES



Foto 1. Parcel·la experimental fertilització IRTA Cabrils. Autor: Carmen Bellido.

## 01 Introducció

La contaminació per nitrats dels aqüífers és un dels greus problemes ambientals als quals s'enfronta gran part d'Europa. Les principals causes, les podem trobar en les pràctiques intensives de ramaderia i l'excés de fertilitzants nitrogenats. També a Catalunya l'aplicació de dosis excessives d'aigua i de fertilitzants han provocat la contaminació de les aigües subterrànies, sent la comarca del Maresme un clar exemple (Antón, 2004). En els darrers anys i amb l'objectiu de reduir i eliminar les possibles fonts de contaminació s'han engegat tota una sèrie d'accions legislatives, de recerca i experimentació orien-

tades a disminuir l'ús de fertilitzants i optimitzar la seva gestió.

Els conreus hortícoles requereixen una gran quantitat d'inputs per a la seva producció perquè es conreen de manera intensiva. A més a més, els cultius hortícoles normalment es desenvolupen dins de rotacions. Quan es canvien els cultius que integren una rotació o es desenvolupen pràctiques agronòmiques diferents (per exemple, canvis en la fertilització), poden esdevenir variacions en les collites posteriors (Van Zeits *et al.* 1999). Per tant, és necessari disposar d'un coneixement a llarg termini de les pràctiques agronòmiques desenvolupades en una mateixa parcel·la experimental

per tal de determinar l'efecte que pot tenir una reducció en la fertilització aportada. Per això, el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural (DAAM) va encarregar a l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) l'elaboració d'un assaig amb la finalitat d'optimitzar l'aplicació de nitrogen en diferents conreus hortícoles.

En aquest treball es presenten detalladament els resultats obtinguts el segon any de la rotació que es va iniciar amb un cultiu de bleda seguit d'un d'enciam per finalitzar amb un de mongeta del ganxet (Taula 1). La informació completa de les recomanacions per a tots els cultius es pot consultar

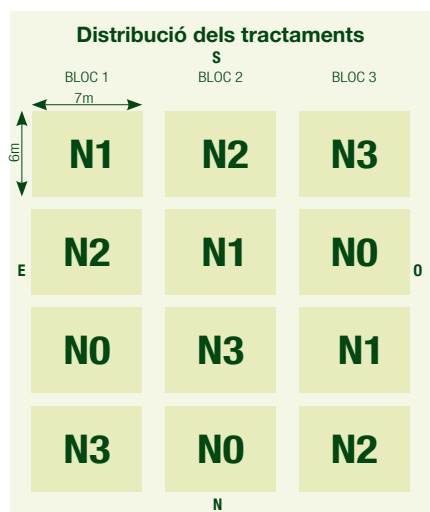
ANY	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DES
2007	-	-	-	-	-	Pebrot Italià			Coliflor			
2008	-	Bleda			Enciam		Mongeta ganxet			-		

Taula 1. Rotació de conreus hortícoles proposada per avaluar el consum de fertilitzants nitrogenats.

Tractament (kg N·ha <sup>-1</sup> )	N aportat bleda	N aportat enciam	N aportat mongeta del ganxet
N0 <sup>1</sup>	11 (43)	10 (38)	13 (73)
N1	161 (43)	46 (34)	150 (65)
N2	198 (78)	59 (46)	175 (94)
N3	231 (127)	78 (42)	207 (87)

<sup>1</sup>La quantitat indicada en el tractament N0 correspon a l'aportació de nitrogen a través de l'aigua de reg. Entre parèntesis es mostra el nitrogen present en el sòl a l'inici del cultiu, que cal sumar al subministrat per fertirrigació.

**Taula 2.** Tractaments fertilitzants considerats en els tres cultius de la rotació (kg N·ha<sup>-1</sup>).



**Figura 1.** Disseny experimental de l'assaig de fertilització nitrogenada amb la distribució dels diferents tractaments.



És necessari disposar d'un coneixement a llarg termini de les pràctiques agronòmiques desenvolupades en una mateixa parcel·la experimental per tal de determinar l'efecte que pot tenir una reducció en la fertilització aportada

a la fitxa tècnica de fertirrigació de cultius hortícoles (Muñoz i col., 2012: Fitxa Tècnica de Fertilització 1: Fertilització nitrogenada de cultius hortícoles).

## 02 Material i Mètodes

L'assaig es va realitzar al terme municipal de Cabrils, a la comarca del Maresme (Barcelona) en un camp experimental de 700 m<sup>2</sup> propietat de l'IRTA, on prèviament s'havien desenvolupat els assaigs amb pebrot italià i coliflor. El disseny experimental fou el mateix en tots els cultius avaluats (bleda, enciam i coliflor) amb quatre tractaments (N0, N1, N2 i N3) i 3 blocs o repeticions, resultant en un total de 12 parcel·les elementals (Figura 1).

### 02.01 Plantació

En el cas de la bleda, el cultivar emprat fou Delta i es va plantar amb data 14 de març de 2008 amb un marc de plantació de 0,3 x 0,4 m (83.333 pl·ha<sup>-1</sup>). Cada parcel·la experimental estava formada per 16 fileres de cultiu amb 20 plantes per filera, resultant un total de 320 plantes per parcel·la experimental i 960 per cada tractament fertilitzant. Es va instal·lar un sistema de reg per degoteig amb una filera central i un goter per cada dues plantes de bleda. La dosi d'aigua aportada fou idèntica per a tots els tractaments fertilitzants avaluats (192 mm).

En el cas de l'enciam, el cultivar emprat fou Sierra i es va trasplantar tot seguit del cultiu de bleda, amb data de plantació 28/5/2008 i un marc de 0,3 x 0,3 m (111.111 pl·ha<sup>-1</sup>), amb un total de 16 fileres per parcel·la experimental i 19 plantes per filera (304 plantes per cada parcel·la

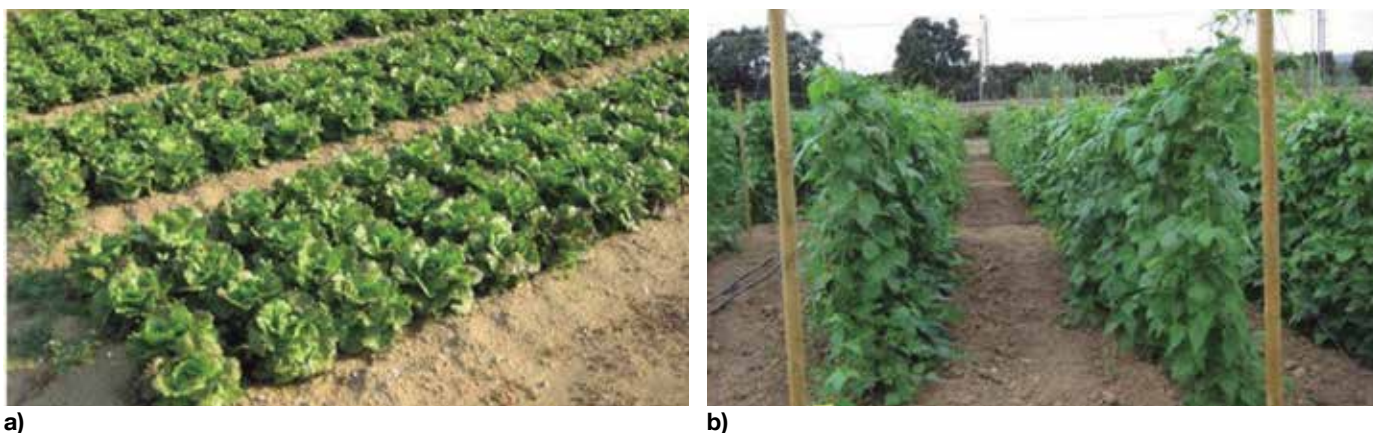
elemental i 912 per cada tractament fertilitzant). Respecte al reg, es va instal·lar un sistema de reg per goter amb un tub de reg per cada dues fileres i una separació entre goters de 30 cm. La dosi d'aigua aportada fou idèntica per a tots els tractaments fertilitzants avaluats (173 mm).

Finalment, en el cas de la mongeta del ganxet, es va utilitzar llavor del cultivar Montcau, la plantació es va realitzar el 17/07/08 amb un marc de plantació de 0,3x1,4 m (23.809 pl·ha<sup>-1</sup>) amb un total de 4 fileres per parcel·la i 20 plantes per filera (80 plantes per parcel·la experimental i 240 per tractament fertilitzant). El cultiu es va realitzar amb sistema de tutoratge amb malla instal·lant-se un sistema de reg per degoteig amb un tub de reg per cada filera de plantes i una separació entre degoters de 0,30 m. La dosi d'aigua aportada, anàlogament als casos anteriors, fou idèntica per tots els tractaments fertilitzants avaluats (230 mm).

### 02.02 Tractaments de fertilització

L'estratègia emprada per fixar les dosis màximes de fertilitzants nitrogenats de cada tractament consistia a reduir l'aportació de fertilitzants complint amb la legislació vigent en matèria de contaminació per nitrats provinents de fons agràries en el moment de fer els assaigs (Decret 205/2000), així com en la Norma Tècnica per a la Producció Integrada d'Hortalisses (DAAR, 2008). Les recomanacions de fertilització, en el moment de desenvolupar els assaigs, indicades pel cultiu de bleda eren de 150 kg de N·ha<sup>-1</sup>·any<sup>-1</sup>, per l'enciam de 170 kg de N·ha<sup>-1</sup> any<sup>-1</sup> i de 200 kg de N·ha<sup>-1</sup>·any<sup>-1</sup> per la mongeta. La Foto 2 mostra un detall de les parcel·les experimentals dels tres cultius avaluats.

Inicialment, els tractaments teòricament proposats foren N0 (0 kg N·ha<sup>-1</sup>) com a tractament control i els tractaments N1 (25% inferior a la dosi màxima permesa), N2 tractament corresponent a la dosi màxima indicada en la legislació i N3 corresponent a una dosi en teoria un 25% superior a la dosi màxima. D'acord amb aquest plantejament, en el cas de la bleda les dades de norma tècnica per a la producció d'hortalisses la data assignada pel conreu de bleda (150 kg ha<sup>-1</sup>) es va considerar molt baixa, d'acord amb la informació disponible d'extraccions pel conreu i a la producció esperada (MAPA, 2007). Llavors els tractaments proposats foren: 11 (N0) com a tractament control; 160 kg ha<sup>-1</sup> (N1) lleugerament superior al límit màxim establert i tractaments amb aportacions superiors corresponents a 198 (N2) i 231 (N3). En el



**Foto 2.** Detall de les parcel·les experimentals amb els assaigs de fertilització: a) enciam, b) mongeta del ganxet. Autor: Pere Muñoz.

cas del cultiu d'enciam, com a conseqüència de les fortes pluges de la primavera, les dosis de fertilitzants subministrades amb fertirrigació foren 5 (N0), 46 (N1), 59 (N2) i 78 (N3) valors inferiors en tots els casos a la dosis màxima. Finalment, i en el cas de la mongeta de ganxet, es va decidir fertirrigar per sota dels nivells marcats per la mongeta tendra i fer servir els més habituals de la bibliografia per a mongeta seca: en aquest cas, les dosis aportades foren 9 (N0), 150 (N1), 175 (N2) i 207 (N3).

Per a tots els cultius s'ha considerat el nitrogen de l'aigua de reg (per això els valors positius del tractament N0). Per obtenir la totalitat del nitrogen disponible per al conreu, cal considerar també el nitrogen residual al sòl abans de la plantació; la Taula 2 presenta els valors corresponents als tractaments realitzats en aquest assaig.

### 02.03 Programació del reg

La programació del reg es va fer d'acord amb la metodologia FAO (Allen *et al.*, 1998) obte-

nint l'evapotranspiració de referència ( $ET_0$ ) de l'estació meteorològica, de la xarxa d'estacions meteorològiques automàtiques (EMA), situada just al costat del camp d'assaig. Mitjançant l'ajut de tensiòmetres instal·lats a cada tractament a 30 i 60 cm de profunditat, es va ajustar el reg per mantenir la humitat adequada al sòl.

### 02.04 Mesures i controls

La collita de bledes es va realitzar el 24 i el 29-08-08 amb un total de 2 collites, i es va determinar pes total i comercial. A efectes de control de producció es van considerar les 14 fileres centrals de cada parcel·la elemental, descartant dues plantes a l'inici i final de les fileres de control (Foto 3).

En el cas de l'enciam, la collita va començar el 02-07-08 i es va allargar fins al 11-07-08, amb un total de 3 collites, i es va determinar pes total, pes comercial i el diàmetre comercial (Foto 4). Per cada parcel·la elemental i en una mostra representativa de 6 plantes, es va determinar també el pes fresc, el pes sec, la biomassa i es

van reservar les mostres per analítica. Per a la determinació de la producció es va seguir amb la mateixa metodologia vista en el cas del cultiu de bleda, seleccionant únicament la zona central de cada parcel·la (Foto 4).

La collita de mongeta del ganxet es va realitzar el 20-10-08 en una única passada, si bé el 07-11-08 es va realitzar una segona collita recollint aquelles que no estaven seques en la primera data. Un cop collides les mongetes, es va pesar la producció per fileres, es van ajuntar les quatre fileres de cada parcel·la experimental, i es van estendre per un assecat complet, determinant-se el pes un cop seques.

Finalment i un cop seques, es va procedir a batre per parcel·les experimentals determinat en cada cas el pes amb veïna, i el pes del gra un cop eliminada la veïna (Foto 5). Per últim i en 10 mostres de 400 grams de cada parcel·la experimental es van determinar les mongetes comercials i no comercials.



**Foto 3.** Detall de les parcel·les experimentals, control de producció del cultiu de bleda. Autor: Pere Muñoz.



Foto 4. Detall del control de producció d'una parcel·la experimental d'enciam. J.I. Montero.



Foto 5. Detalls del procés de batre les mongetes del ganxet. Autor: Pere Muñoz.

Les dades obtingudes de producció i qualitat es van processar amb el programa informàtic SAS Enterprise Guide (SAS Institute, Inc., Cary, NC USA, 2006, versió, 3.0.2). La separació de mitjanes es va realitzar amb el test de Fisher (Least Significant Difference test).

### 03 Resultats i discussió

La Taula 3 presenta un resum de les produccions obtingudes en els tres cultius avaluats a la rotació.

#### Bleda

La producció total i comercial de bledes es va veure clarament afectada pels tractaments de fertilització (Taula 3). El tractament N0 presentà únicament produccions no comercials. El tractament N3 va obtenir els valors més elevats de producció total i comercial (6,13 i 5,85) seguit a continuació per N1 (5,74 i 5,68) sense que es donessin diferències estadísticament significatives entre els tractaments. N2 va obtenir valors inferiors i estadísticament menors que N3 i N1 (4,34 i 3,63). Els valors

obtinguts de producció comercial i total per als tractaments N2 i N3 són similars a d'altres assaigs realitzats a la zona (Doltra i Muñoz, 2010; Martínez-Blanco i col., 2013) i en d'altres zones (Hoyos i col., 2004) si es realitza collita de planta sencera.

#### Enciam

En el cas del cultiu d'enciam es van observar diferències significatives en funció del tracta-

ment fertilitzant (Taula 3). Tant per a la producció total com per a la producció comercial, el tractament N3, amb una aportació de 78 kg N-NO<sub>3</sub>/ha i 120 en total, va presentar els valors de producció total i comercials estadísticament superiors a la resta de tractaments fertilitzants. La dosi de fertilitzant també va afectar el pes mitjà del fruit comercial i una altra vegada el tractament N3 va superar el valor de la resta de tractaments amb un pes mitjà clarament superior (678 front 607, 596 i 589 per a N2, N1 i N0, respectivament).

Durant el període de màxim desenvolupament es van produir nombroses precipitacions que van fer reduir el nombre de regs. Aquesta aportació mínima d'aigua va provocar una reducció de N aportat per fertirrigació, la qual cosa va produir que pràcticament els tractaments N0 i N1 foren idèntics i que els tractaments N2 i N3 foren inferiors als programats inicialment. Malgrat això, la resposta al tractament fertilitzant ha estat correcta i el tractament N3 ha presentat valors de producció molt similars als obtinguts en altres assaigs per aquests tipus de varietat (González y López., 2003).

#### Mongeta del ganxet

La producció de mongeta del ganxet no es va veure afectada pels tractaments fertilitzants, ja que no es van produir diferències significatives en la producció total ni comercial de mongeta en funció de la dosi de fertilitzant subministrada (Taula 3). Si s'analitzen els valors, tant la producció total com comercial van presentar valors que es poden considerar habituals per aquest sistema productiu (Almirall i col. 2008).

Cal destacar que el tractament sense aportació de fertilitzants nitrogenats (N0) no ha presentat descensos de producció. Malgrat aquest

Tract	Bleda (kg·m <sup>-2</sup> )		Enciam (kg·m <sup>-2</sup> )		Mongeta Ganxet (kg·m <sup>-2</sup> )	
	Prod. total	Prod. comercial	Prod. total	Prod. comercial	Prod. total	Prod. comercial
N0	1.48 c	0	6.95 b	6.54 b	2.34 a	2.25 a
N1	5.74 a	5.68 a	7.11 b	6.62 b	2.46 a	2.26 a
N2	4.34 b	3.63 b	7.14 b	6.74 b	2.29 a	2.09 a
N3	6.13 a	5.85 a	8.25 a	7.53 a	2.57 a	2.44 a

Taula 3. Producció total i comercial (kg·m<sup>-2</sup>) de la bleda, enciam i mongeta del ganxet pels diferents tractaments avaluats. Cada valor representa la mitjana de les tres repeticions. Lletres diferents indiquen diferències significatives  $p < 0,05$  (Least Significance Difference test).



bon comportament productiu, no s'observa el mateix en el cas de la biomassa total on els tractaments amb més aportació nitrogenada (N2 i N3) presenten valors de biomassa estadísticament superiors (Taula 4). Aquest resultat amb producció de més biomassa sense incrementar la producció de fruit ja ha estat observat per altres autors (Muñoz i col., 2006) i indicaria un subministrament en excés (consum de luxe) de fertilitzant nitrogenat.

## 04 Conclusions i recomanacions

En el cas del cultiu de bleada, els resultats obtinguts en aquest assaig així com resultats posteriors (Muñoz i Seda, 2011; Martínez-Blanco i col., 2013) semblen indicar clarament que les necessitats de fertilitzants nitrogenats es troben per sobre dels 150 kg N ha<sup>-1</sup> que limita el Decret 136/2009, situant-se més a prop dels 160-165 kg N ha<sup>-1</sup>. En el cas del cultiu d'enciam, el valor del tractament N3 coincideix amb l'obtingut en altres estudis i sembla situar al voltant dels 120 kg N ha<sup>-1</sup> les necessitats d'aquest cultiu en un cicle primavera-estiu (Muñoz i col., 2012).

Finalment i per a la mongeta del ganxet, els resultats mostren clarament que és possible produir amb un subministrament menor de fertilitzants nitrogenat i que amb aportacions superiors als 150 kg N ha<sup>-1</sup> es produeix un consum de luxe, fet que indicaria clarament la necessitat de reduir la fertilització nitrogenada.

Els resultats obtinguts en l'assaig de fertilització mostren la necessitat de controlar amb cura la fertilització nitrogenada en cultius hortícoles, ja que és possible ajustar adequadament les dosis de fertilitzants minerals mantenint les collites obtingudes. Per fer-ho, cal tenir presents totes les aportacions de nitrogen per diferents vies: nitrogen present al sòl i nitrogen aportat a través de la fertirrigació. Cal preveure també que una part del nitrogen present al sòl es mineralitzarà i serà disponible al llarg dels cicles de cultiu, especialment durant els mesos més calorosos de l'any.

## 05 Bibliografia

ALMIRALL A., BOSCH LI., CÁCERES A., CASANAS, F., ROMERO R. 2008. "La mongeta del ganxet i el seu cultiu". *Dossier Tècnic* núm. 29, Varietats Vegetals Tradicionals Catalanes: 8-13. Direcció General d'Alimentació Qualitat i Indústries Agràries. DAR, Generalitat de Catalunya.

Tractament	Pes de 100 grans (g)	Biomassa (g mat. seca pl <sup>-1</sup> )
N0 <sup>1</sup>	45.4 a	412.4 a
N1	42.0 a	433.5 a
N2	42.5 a	642.5 b
N3	42.0 a	616.9 b

**Taula 4.** Pes de 100 grans (g) i biomassa seca d'una planta (g m.s. pl<sup>-1</sup>) de mongeta del ganxet pels diferents tractaments avaluats. Cada valor representa la mitjana de les tres repeticions. Lletres diferents indiquen diferències significatives  $p < 0.05$  (Least Significance Difference test).

ALLEN, L.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. 1998. "Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements". *FAO Irrigation and Drainage Paper* 56, Food and Agriculture Organization of United Nations, Roma.

ANTÓN, A. (2004). Utilización del análisis del Ciclo de Vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.

DAAR 2008. *Norma Tècnica per a la Producció Integrada d'Hortalisses*. Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural.

DOLTRA, J. AND MUÑOZ P. 2010. "Simulation of nitrogen leaching from a fertigated crop rotation in a Mediterranean climate using the EU-Rotate\_N and Hydrus-2D models". *Agricultural Water Management*, 97 (2): 277-285.

GONZÁLEZ, A.; LÓPEZ J., 2003. "La Lechuga en la región de Murcia y otras Comunidades Autónomas". Volumen nº 24: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. (ISBN: 84-688.2697-9)

HOYOS, P.; ÁLVAREZ, V.; RODRÍGUEZ, A. 2004. "Producción de acelga en función del tipo de recolección". *Horticultura* núm. 177, juny 2004. MARTÍNEZ-BLANCO, J., RIERADEVALL, J., ANTÓN, A., MUÑOZ, P. 2013. "Environmental, agronomic and economic assessment of compost application in a horticulture crop rotation: the influence of allocation methods". *Journal of Cleaner Production* (DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.08.014).

MUÑOZ, P., ANTÓN, A., MONTERO, J.I. 2006. "Fertilización nitrogenada en un cultivo hidropónico de tomate". *Horticultura Internacional* 24(3): 8-13.

MUÑOZ, P.; SEDA, M. (2011). "Fertilización nitrogenada de una rotación de cultivos hortícolas (berenjena-cebolla-acelga) en la comarca

del Maresme (Barcelona)". IV jornadas del grupo de fertilización de la SECH. Avances en nuevas estrategias de Fertilización. *Actas de Horticultura* 61: 64-69. ISBN: 978-84-695-2135-9.

MUÑOZ, P.; SEDA, M., ORTIZ C. (2012). "Fertilización nitrogenada de cultivos hortícolas". *Fitxa Tècnica DAAM* 1:4.

VAN ZEIJTS, LENEMAN H, SLEESWIJK W. 1999. "Fitting fertilisation in LCA: allocation to crops in a cropping plan". *Journal of Cleaner Production* 7, 69-74.

## 06 Autors



**Pere Muñoz Odina**  
Horticultura ambiental. IRTA-Cabrils  
pere.munoz@irta.cat



**Juan Ignacio Montero Camacho**  
Horticultura ambiental. IRTA-Cabrils  
juanignacio.montero@irta.cat



**Carlos Ortiz Gama**  
Oficina de Fertilización i tractament de dejeccions ramaderes. DAAM.  
carlos.ortiz@gencat.cat

# FERTIRRIGACIÓ EN UN SISTEMA TANCAT FORA DE SÒL EN UN CULTIU DE ROSER PER A FLOR TALLADA EN HIVERNACLE EN CONDICIONS MEDITERRÀNIES

## BALANÇ HÍDRIC I MINERAL



Foto 1. Cultiu fora de sòl de roser per a flor tallada amb recirculació de lixivats. Autor: O. Marfà.

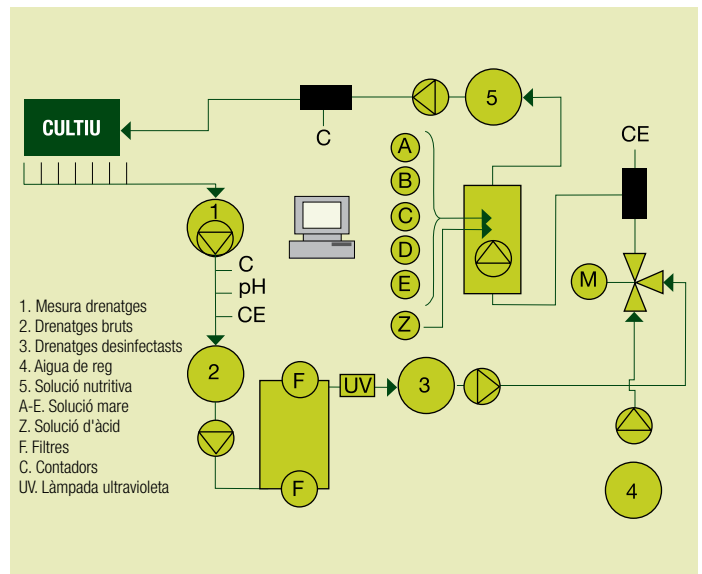


Figura 1. Esquema d'un sistema de recirculació tancat

### 01 Introducció

L'horticultura intensiva en hivernacle en què s'utilitzen tècniques de cultiu convencionals, comporta elevades taxes de contaminació ambiental (Ramos, 1993; Baille, 1993; López-Gálvez i Naredo, 1996; Walle i Sevenster, 1998). Aquest fet és degut principalment a l'ús remarcable de pesticides, fumigants i plàstics i a la lixiviació de nutrients. Aquest impacte mediambiental és particularment greu en el litoral mediterrani amb cultius d'espècies ornamentals per a la producció de flor tallada (Marfà, 2000).

Una alternativa a las tècniques tradicionals de cultiu consisteix a substituir, en major o menor mesura, recursos naturals per inputs de naturalesa tecnològica. L'adopció de tècniques de cultiu fora sòl permet, en part, dur a terme la substitució de recursos no renovables per tecnologia. Alguns autors han mostrat que la sostenibilitat, mesurada en termes d'energia provinent de recursos no renovables, és major quan s'utilitzen algunes tècniques de cultiu fora sòl que no pas fent servir tècniques de cultiu convencionals (Marfà,

1994). Un exemple d'això és que els cultius fora sòl permeten prescindir de fumigants tan nocius per al medi ambient i amb cost energètic equivalent elevadíssim com és ara el bromur de metilè (Rodríguez-Kabana, 1996; Marfà, 2002).

No obstant això, utilitzant tècniques de cultiu fora sòl sense recirculació, que són les emprades amb més freqüència, s'aboquen al medi lixivats que contenen gran quantitat de sals i de nutrients i això provoca contaminació dels aqüífers. Per exemple, en un cultiu de roser per a flor tallada en el litoral mediterrani de França, el volum de lixivats abocats anualment al sòl s'ha quantificat en 2.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>; aquests lixivats contenen 1.700 kg de sals fertilitzants, de les quals 700 kg són nitrats (Baille, 1993). En les Illes Canàries, en cultius de roser en grava volcànica i sense recirculació, s'ha estimat que l'abocament anual de nitrats oscil·la entre 3.000 i 4.000 kg.ha<sup>-1</sup> (Cid *et al.*, 2000).

Les tècniques de cultiu fora sòl amb recirculació permeten eliminar o reduir significativament l'abocament de lixivats al medi, fins i tot quan la

concentració salina de l'aigua per al reg disponible és moderadament alta, com s'ha fet palès en un cultiu de roser a Israel (Raviv *et al.*, 1998).

Per tal d'avaluar la viabilitat agronòmica, el balanç hidricomineral d'un cultiu fora sòl de roser per a flor tallada amb recirculació i en condicions agroclimàtiques mediterrànies pròpies del litoral català es va dur a terme un cultiu experimental a escala agrícola.

### 02 Material i mètodes

#### 02.01 Condicions experimentals

El treball es va dur a terme en el Centre de Cabrils de l'IRTA a la comarca del Maresme (41° 25' N i 2° 23' E), en un hivernacle amb estructura metàl·lica de 270 m<sup>2</sup>. L'hivernacle era format per una única nau amb sostre semicircular, cobert amb una làmina de polietilè de llarga durada, equipat amb calefacció i control automàtic de les condicions ambientals (temperatura aèria i del substrat, ventilació i concentració ambiental de CO<sub>2</sub>). Es van instal·lar cinc bancades longitudinals de 35

cm d'ample i 25 cm d'alçada separades per pasadissos de 1,35 m d'ample. Al seu torn, cada bancada va dividir-se transversalment en dues meitats per tal de plantar-hi en cadascuna una varietat diferent de roser per a flor tallada.

La plantació es va dur a terme el 15 de febrer de 2000 emprant dues varietats de roser, Dallas® i Red Corvette®, empeltades damunt *Rosa Indica* L. Les plantes es van col·locar a 12 cm de distància entre si, en dues línies longitudinals al llarg de la bancada; d'aquesta disposició, en resultà una densitat de plantes de 6,5 m<sup>-2</sup>. Com a substrat, es va utilitzar, en la meitat inferior de la bancada, perlita de granulometria gruixuda (3-5 cm de diàmetre de partícules, tipus A-13®, d'Euoperlita), i en la meitat superior, perlita de granulometria fina (0-3 mm de diàmetre de partícules, tipus B-10®, d'Euoperlita). En la conducció del cultiu es va emprar la tècnica anomenada de l'arquejat (Gutiérrez, 2001). Després de cada flux de floració es va realitzar una esporga, per tal d'homogeneïtzar i sincronitzar el flux següent. Es varen controlar nou fluxos florals durant el període que va d'abril del primer any (2000) de cultiu fins al juny del tercer any (2002).

La fertirrigació es va aplicar mitjançant un equipament integrat per un autòmat, un capçal per a la preparació de la solució nutritiva i la reconstitució d'aquesta -a partir d'aigua i de solució llixiviada prèviament filtrada i desinfectada- i una xarxa d'irrigació per degoteig; la instal·lació es va dissenyar com a un sistema tancat amb recollida de llixiviats i la subsegüent filtració i desinfecció amb radiació ultraviolada (dosi de radiació equivalent a 250 MJoules.m<sup>-2</sup>) (Marfà *et al.*, 2000a). L'arrencada del reg es va dur a terme d'acord amb una consigna mitjana de radiació solar global de 300 W.h.m<sup>-2</sup> emprant una sonda solarimètrica situada damunt la coberta vegetal; complementàriament, per a l'arrencada del reg, es comptava amb una safata a la demanda que contenia 12 rosers. Les dosis varen ser modificades de forma automàtica per tal d'assegurar una taxa de drenatge preestablerta. Es varen utilitzar dues línies de degotadors antidrenants i auto-

compensants amb un cabal nominal de 2 L.h<sup>-1</sup> i una distància entre degotadors dins la línia de 25 cm. La composició de l'aigua d'irrigació i de la solució nutritiva inicial es detallen en la Taula 1.

### 02.02 Balanç hídric i mineral

L'autòmat de reg ha permès de registrar tant el volum de solució nutritiva aportada al cultiu como el de llixivat. La diferència entre ambdós és una estimació de l'evapotranspiració del cultiu (ET<sub>c</sub>); tenint en compte que la superfície evaporant del substrat és molt petita, el terme evaporatiu de la ET<sub>c</sub> és també molt petit, i per tant ET<sub>c</sub> s'aproxima a la transpiració del cultiu (T<sub>c</sub>). A partir dels consums diaris es va realitzar un balanç hídric a escala de tot el cultiu.

Amb periodicitat quinzenal, es va determinar la composició iònica de l'aigua de reg, de la solució nutritiva i dels llixiviats. A partir d'aquesta informació es va modificar, quan es va considerar adient, la formulació de la solució nutritiva per tal d'ajustar les aportacions a las necessitats nutritives del cultiu. La informació analítica esmentada va permetre de realitzar un balanç mineral referit al període experimental per a cadascun dels macroelements (nitrogen, fòsfor i potassi).

## 03 Resultats i discussió

### 03.01 Balanç hídric i mineral

La diferència entre el volum de solució nutritiva aportada mitjançant el reg i el volum de llixivat, en el conjunt de les parcel·les experimentals, ha permès avaluar l'ET<sub>c</sub> a escala diària. Els valors mitjans mensuals d'ET<sub>c</sub> es varen representar per al període experimental junt als de la radiació global incident damunt la coberta vegetal (G) i la ràtio ET<sub>c</sub>/G mensual (Figura 2). El curs estacional de l'ET<sub>c</sub> és el que es podia esperar; els valors d'ET<sub>c</sub>, notablement baixos, corresponents al període de novembre de 2001 a febrer de 2002, són deguts als danys provocats per un temporal de vent i baixes temperatures subsegüents



Les tècniques de cultiu fora sòl amb recirculació permeten reduir l'abocament de llixiviats al medi



La recirculació en un cultiu fora sòl de roser, ha permès restituir al circuit d'irrigació tot el volum de llixiviats produïts durant dos anys.



S'ha evitat abocar al medi quantitats remarcables de soluts potencialment contaminants per als aqüífers subjacents, particularment nitrats i fosfats



En conseqüència, la tècnica assajada és una alternativa als sistemes convencionals de cultiu en el sòl natural o fora sòl sense recirculació, amb evidents avantatges medioambientals

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq·L <sup>-1</sup> )	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> <sup>-</sup> (meq·L <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meq·L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (meq·L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (meq·L <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (meq·L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (meq·L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (meq·L <sup>-1</sup> )	pH	C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )
<b>Aigua de Reg</b>	0,53	0,07	1,19	0,11	0,73	3,36	0,80	0,00	7,60	0,51
<b>SN</b>	9,00	1,50	2,82	5,00	0,73	6,00	3,00	0,00	5,80	1,20

Taula 1. Composició mitjana de l'aigua d'irrigació i de la solució nutritiva inicial (SN) en el cultiu experimental fora sòl de roser amb recirculació

que varen tenir lloc durant el mes de novembre de 2001 i que varen afectar seriosament l'hivernacle i el cultiu experimental que s'hi duia a terme. Els valors de la ràtio  $ET_c/G$  són baixos en els períodes més càlids, ja que  $G$  estima per defecte l' $ET_c$  degut al fet que la component de l' $ET_c$  lligada al dèficit de pressió de vapor és elevada en aquest període i, per altra banda, és sabut que la transpiració nocturna del cultiu en aquest mateix període, dins d'hivernacle i en condicions mediterrànies, no és menyspreable (González, 1995). Resultats semblants es varen obtenir amb la mateixa tècnica i la mateixa localització experimental en sengles cultius fora sòl de clavell (Marfà *et al.* 2000a) i de gerbera (Marfà *et al.*, 2000b). Per tant, la conducció de la irrigació basada en consignes radiomètriques és clarament insuficient. Cal utilitzar bé un model d'evapotranspiració, fiable a escala horària, que en la majoria de casos no és a l'abast, bé una balança i un algoritme de càlcul de la transpiració associat a l'autòmat de reg (Marfà, *et al.* 2000c) o bé, com és el cas d'aquest experiment, una safata a la demanda que complementi l'arrencada establerta per una consigna radiomètrica junt amb un programa informàtic que modifiqui les dosis de solució nutritiva aportada per tal de mantenir una determinada taxa de drenatge que el regador preestableixi.

Durant el període experimental la totalitat dels llixiviats varen ser restituits al circuit tancat de reg. No va caldre, per tant, abocar llixiviats al medi. La qualitat de l'aigua d'irrigació de què es disposava probablement va contribuir a aquest resultat favorable, tal com va succeir abans en un experiment semblant amb gerbera per a flor tallada, en les mateixes condicions que les d'aquest experiment (Marfà *et al.*, 2000b); no obstant això, en un altre experiment semblant amb clavell per a flor tallada dut a terme en el mateix hivernacle (Marfà *et al.*, 2000a), utilitzant aigua amb conductivitat elèctrica (CE) d'1,1 dS.m<sup>-1</sup>, és a dir, el doble de la CE utilitzada en l'experiment amb roser i en l'experiment amb gerbera abans esmentat, va caldre abocar a l'exterior del circuit tancat l'equivalent a 20 L.m<sup>-2</sup> de llixiviats durant un any de cultiu; aquest percentatge equival al 7% del volum total de llixiviats. En aquest experiment el volum total de solució nutritiva aportada, durant els 27 mesos de període experimental, fou de 5500 L.m<sup>-2</sup>, el volum de llixiviats recirculats fou de 1750 L.m<sup>-2</sup> i, per tant, el consum d'aigua del cultiu fou de 3750 L.m<sup>-2</sup>; per tant, la fracció mitjana de rentat fou del 39%, força major que la de l'esmentat experiment amb gerbera, que fou del 26,5% (Figura 3).

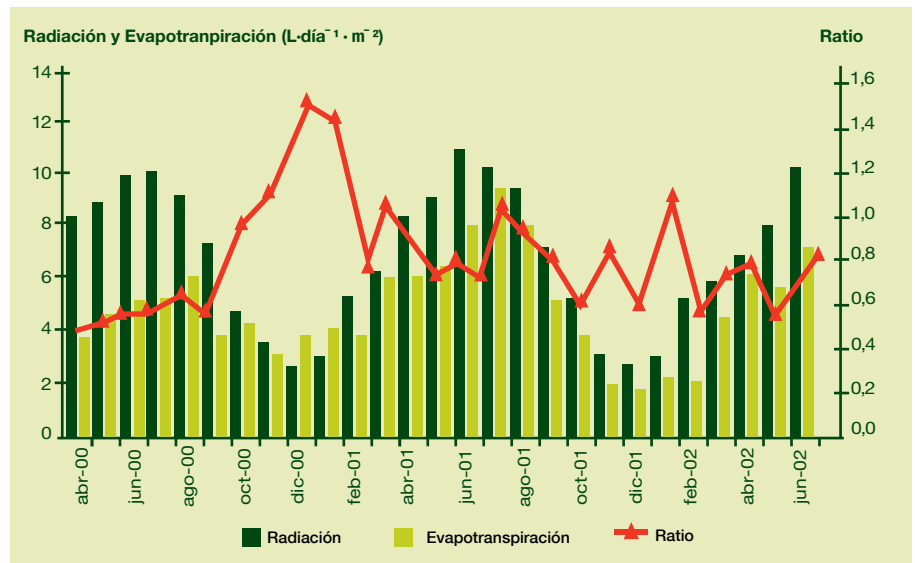


Figura 2. Radiació solar global mitjana mensual incident damunt la coberta vegetal ( $G$ ), evapotranspiració mitjana mensual  $ET_c$  i ràtio  $G/ET_c$  del cultiu fora sòl amb recirculació.

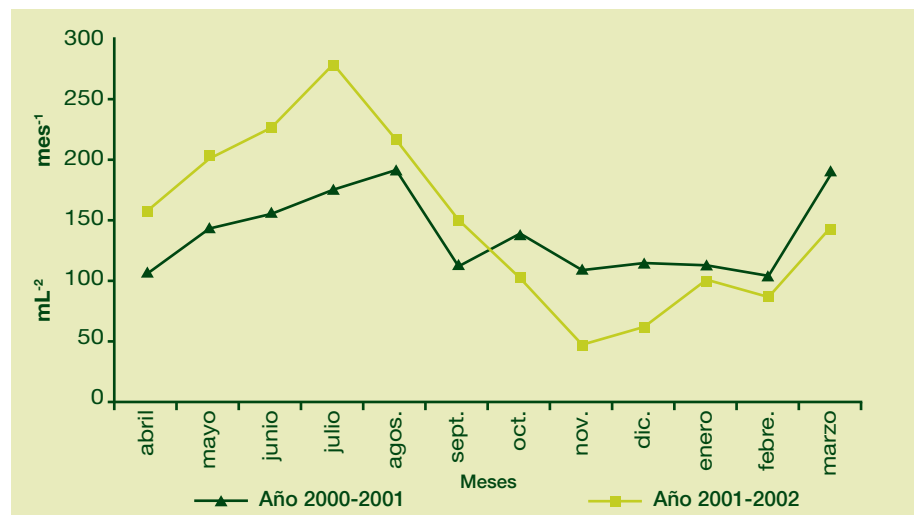


Figura 3. Evapotranspiració corresponent al cultiu fora sòl de roser amb recirculació, durant el període experimental (abril de 2000 a març de 2002).

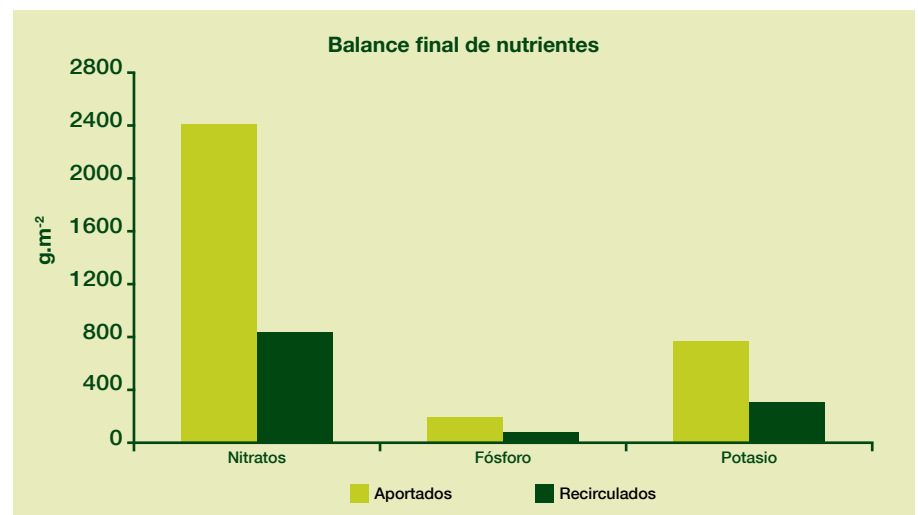


Figura 4. Balanç de nitrats, fòsfor i potassi corresponent al cultiu fora sòl de roser amb recirculació, durant el període experimental (abril de 2000 a juny de 2002).

D'acord amb el que s'ha referit per al balanç hídric, tampoc no va ser abocada al medi cap quantitat de nitrogen, fòsfor ni potassi (Figura 4). El còmput de la quantitat de nitrats aportats fins al final del període experimental fou de 2.400 g.m<sup>-2</sup> i el contingut de nitrats en els llixiviats, que van ser recirculats, va ser de 800 g.m<sup>-2</sup>; pel que fa al fòsfor la quantitat aportada va ser de 160 g.m<sup>-2</sup> i la llixiviada, també recirculada, de 60 g.m<sup>-2</sup>; el potassi total aportat va ser de 730 g.m<sup>-2</sup> i el llixivat, restituit al circuit tancat, va ser de 230 g.m<sup>-2</sup>. La quantitat de nitrats que haguessin estat abocats al medi, en cas que no s'hagués utilitzat recirculació, hagués estat semblant a la referida abans per a un cultiu fora sòl de roser en grava volcànica en les Illes Canàries, és a dir, un total anual de 350 g.m<sup>-2</sup>.

## 04 Conclusions

En les condicions d'aquest experiment, la recirculació, en un cultiu fora sòl de roser per a flor tallada, ha permès restituir al circuit d'irrigació tot el volum de llixiviats produïts durant dos anys. Per tant, s'ha evitat abocar al medi quantitats remarcables de soluts potencialment contaminants per als aqüífers subjacents, particularment nitrats i fosfats. En conseqüència, la tècnica assajada és una alternativa als sistemes convencionals de cultiu en el sòl natural o fora sòl sense recirculació, amb evidents avantatges mediambientals.

## 05 Resum

En els cultius fora sòl sense recirculació s'abocuen els llixiviats al medi; això provoca contaminació ambiental. Concretament, en cultius fora sòl de roser per a flor tallada s'han estimat abocaments anuals de llixiviats amb continguts de nitrats de fins a 4.000 g.m<sup>-2</sup>. Alguns autors han mostrat que mitjançant la tècnica de recirculació es pot reduir notablement la problemàtica abans esmentada. Per tal d'avaluar la viabilitat agronòmica i determinar el balanç hídricomineral d'un cultiu fora sòl de roser per a flor tallada amb recirculació (sistema tancat) en condicions agroclimàtiques pròpies del litoral català, es va dur a terme un cultiu d'aquestes característiques a escala agrícola. Al final d'un període experimental de dos anys de cultiu s'ha aconseguit mantenir el sistema sense abocar llixiviats al medi. Aquest fet significa que en les condicions de l'experiment s'ha evitat l'abocament anual equivalent a 400 g.m<sup>-2</sup> de nitrats, 30 g.m<sup>-2</sup> de fòsfor i 115 g.m<sup>-2</sup> de potassi. Per tant, la tècnica emprada constitueix una alternativa mediambientalment més favorable que l'equivalent en sistema obert, és a dir, sense recirculació i, per

tant, sembla ser una tècnica especialment adient per a zones vulnerables per la contaminació dels aqüífers per nitrats en el litoral mediterrani de Catalunya.

*Paraules clau:* Cultiu fora sòl, recirculació, roser, flor tallada, contaminació per nitrats.

## 06 Agraïments

Els autors agraeixen a José Montero i a Anna M. Puerta la seva contribució en les tasques agronòmiques i analítiques. També a Daniel González per la seva contribució en les tasques experimentals i a Lola López per la seva tasca de tutoria dels treballs acadèmics vinculats. També agraïm l'ajut financer de l'INIA (projecte PD99-006) i de les empreses Mundi-Rosal, SA, Sabater, SA, Europerlita, SA, Mercat de Flor i Planta Ornamental de Catalunya i S.E. de Carburos Metàlics, SA.

## 07 Bibliografia

- BAILLE, M. (1993). "El riego y los cultivos protegidos". *Riegos y Drenajes* 69: 27-36
- CID, M.C., DÍAZ, M.A., MANSITO, P., SOCORRO, A.R. (2000). "Recirculación en cultivo sin suelo de rosas en Canarias". En: *Recirculación en cultivos sin suelo*. Ed. O. Marfà Ediciones de Horticultura (Compendios de Horticultura, 14) Cap. 8: 81-90. Reus. Catalunya. Spain.
- GONZÁLEZ, M.M. (1995). *Estudio y modelización de intercambios gaseosos (H<sub>2</sub>O CO<sub>2</sub>) en cultivo de rosas bajo invernadero*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València. Spain, pp. 192.
- GUTIÉRREZ, R.P. (2001). *Caracterización y modelización del crecimiento del rosal (Rosa hybrida cv. Dallas) en cultivos con arqueado de tallos*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València. Spain.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, J. I NAREDO, J. (1996). *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo enarenado y en sustratos*. Col. Economía y Naturaleza. Ed. Fundación Argentina-Visor Distribuciones. ISBN: 84-7774-976-0. Madrid. Spain. pp 294.
- MARFÀ, O. (1994). "Los cultivos sin suelo. Algunas reflexiones". *Hortofruticultura* 3:39-47.
- (2000) "Los cultivos sin suelo desde una perspectiva mediterránea". En: *Recirculación en cultivos sin suelo*. Ed. O. Marfà. Ediciones de Horticultura (Compendios de Horticultura, 14) Cap. 1: 11-20. Reus, Catalunya. Spain.

MARFÀ, O, BIEL, C., BLANCH, F. 2000a "Recirculación en flor cortada: El clave". En: *Recirculación en cultivos sin suelo*. Ed. O. Marfà. Ediciones de Horticultura (Compendios de Horticultura, 14) Cap. 9: 91-100. Reus, Catalunya. Spain.

MARFÀ, O., BLANCH, F., 2000b "Recirculación en flor cortada: La gerbera". En: *Recirculación en cultivos sin suelo*. Ed. O. Marfà. Ediciones de Horticultura (Compendios de Horticultura, 14) Cap. 10: 101-110. Reus, Catalunya. Spain.

MARFÀ, O., BIEL, C., BLANCH, F., MONTERO, J.I., (2000c). "Water consumption of a closed soilless culture of gerbera. Usefulness of models to estimate evapotranspiration". *Acta Hort.* 534: 147-153

MARFÀ, O. (2002). "Closed soilless techniques for cut-flower production as an alternative to methyl bromide in mediterranean conditions". En: *Proc. Int. Conf. On Alternatives to Methyl Bromide*. Sevilla, Spain. Ed. Batchelor, T.A. & Bolívar, J.M. <<http://europa.eu.int/comm/environment/ozone/conference>>

RAMOS, C. (1993). "La hidroponía y el medio ambiente". En: *Cultivos sin suelo*. Ed. Cánovas i Díaz. Instituto de Estudios Almerienses y FIAPA: 363-372. Almería. Andalucía. Spain.

RAVIV, M., SILBER, A., MEDINA, S., REUVENI, R. (1998). "Assessment of various control strategies for recirculation of greenhouses effluents under semi-arid conditions". *J. of Hort. Sci. and Biotechnology* 73: 485-491

RODRÍGUEZ-KABANA, R. (1996). "Alternativas ao brometo de metila". *Acta 1st Brazilian Meeting on Alternatives to Methyl Bromide in Agricultural Systems*. Florianópolis. Santa Catarina. Brazil: 35-109.

WALLE, F.B. I SEVENSTER, J. (1998). *Agriculture and environment*. E. Kluwer Acad. Pub. Dordrecht. Holland.

## 08 Autors



**Oriol Marfà i Pagès**

Subprograma Unitat d'Enginyeria i Agronomia de Biosistemes. IRTA-Cabrils  
oriolmarfa@irta.es



**Rafaela Cáceres Reyes**

Subprograma Unitat d'Enginyeria i Agronomia de Biosistemes. IRTA-Cabrils  
rafaela.caceres@irta.cat

# FERTIRRIGACIÓ EN CONREUS HERBACIS EXTENSIVS



Foto 1. Combinació de reg per pivot i reg per aspersió en blat de moro. Autor: Jaume Lloveras.

## 01 Introducció

A Catalunya, la superfície estimada de conreus herbacis en extensiu que utilitza sistemes de reg a pressió és d'unes 60.000 ha. Així doncs, el potencial d'ús de sistemes de fertirrigació en aquests tipus de conreus és força elevat i tendeix a incrementar-se atès que així ho fan els nous regadius i la modernització de part dels existents, tal com s'estableix en el Pla de regadius de Catalunya 2008-2020.

El blat de moro és clarament el cultiu herbaci que disposa de més superfície amb sistemes de reg a pressió. Amb aproximadament unes 20.000 ha, representa al voltant d'una tercera part del total de superfície de conreus herbacis amb aquesta tipologia de reg (Taula 1). El segueixen l'alfals i els cereals d'hivern com el blat i l'ordi.

Aquest tipus de reg permet l'aplicació dels nutrients mitjançant l'aigua de reg (fertirrigació). No obstant això, actualment hi ha una superfície important d'explotacions agrícoles en què no es fertirriga tot i disposar dels sistemes de reg que ho permetrien.

L'aplicació de nutrients, principalment nitrogen (N), als cultius durant el seu desenvolupament, és una pràctica recomanable que permet que la planta rebri els nutrients a mesura que els necessita i, si es fa adequadament, es pot evitar la pèrdua de nitrats cap a les aigües freàtiques. Aquesta pèrdua succeeix quan s'apliquen elevades dosis d'adob que contingui nitrogen en moments en què el cultiu no el necessita (fons o cobtores primerenques).

## 02 Característiques més importants de la fertirrigació en herbacis

L'aplicació de nutrients a través del sistema de reg és molt positiva en tots els cultius on s'aplica. A continuació, es remarquen els principals avantatges a destacar en conreus herbacis extensius.

### 02.01 Distribució gradual, solubilitat i possibilitat de cobtores tardanes

La fertirrigació permet aplicar els nutrients (principalment el N), en **forma soluble** i, ja dissolta, a mesura que el cultiu ho necessita i

especialment en els períodes de màxim creixement del cultiu (en general, abans de floració).

La utilització de fertirrigació és especialment interessant en conreus herbacis extensius perquè permet l'adobatge en aquestes formes més solubles en moments en què el desenvolupament del cultiu no permet el pas de maquinària o que la utilització d'aquesta pot malmetre part del cultiu (a partir d'encanyat en cereal d'hivern o a partir de l'estadi de 7-8 fulles desenvolupades en blat de moro).

Pot ser especialment interessant també, per a alguns cultius, l'aplicació de **cobtores tardanes** (al voltant de l'estadi de floració o espigat) que permeten assolir un increment de qualitat del gra que altrament es fa molt difícil d'obtenir.

Aquesta aportació esgraonada i en moments de màxima necessitat del cultiu pot contribuir a una major **eficiència** en l'ús dels nutrients en reduir les pèrdues de N per rentat, representant per tant un avantatge econòmic i ambiental alhora. Aquesta eficiència és especialment important en cereals i altres conreus d'hivern per l'elevat temps que transcorre entre la sem-

bra i el període de màxim creixement, així com en aquells cultius amb elevades extraccions de nutrients.

### 02.02 Disminució de l'ús de maquinària

Ja s'ha esmentat que el fet de no utilitzar maquinària per fer l'adobatge (especialment en cobertora del cultiu) permet aplicar adob **sen- se malmetre** la planta.

A més, des d'un punt de vista econòmic, l'aprofitament dels sistemes de reg per fer fertirrigació estalvia els **costos** atribuïts a l'ús de maquinària per a l'aplicació dels adobs; i, d'altra banda, la no-utilització de maquinària permet un estalvi de les emissions de CO2 atribuïbles a l'explotació i a l'activitat agrícola, amb el conseqüent benefici ambiental.

Tot i la reconeguda eficiència en l'aprofitament del N gràcies a les aplicacions d'adobs en cobertora, molts cops es prefereix evitar aquest moment d'aplicació per l'elevat risc de pluges en determinades zones, principalment en els conreus d'hivern. La fertirrigació permet l'aplicació d'adob independentment del terreny.

### 02.03 Uniformitat del reg. Disseny i manteniment

La correcta distribució dels nutrients mitjançant la fertirrigació va directament relacionada amb la uniformitat dels sistemes de reg. En general, però especialment en aquells conreus herbacis extensius amb elevades extraccions nitrogenades, la manca d'uniformitat del reg i, per tant, de l'adobatge pot suposar reduccions de rendiment importants tant per excés com per defecte de nutrients. La uniformitat en els sistemes de reg s'aconsegueix a través del disseny adequat i del manteniment periòdic.

## 03 Sistemes de reg utilitzats

La distribució de l'adob que s'apliqui a través del reg difícilment serà millor que la distribució d'aigua que es faci. En aquest sentit, es desaconsella l'ús de fertirrigació en aquells sistemes que no garanteixin una òptima uniformitat del reg.

Conreu herbaci extensiu*	Superfície (ha)
Blat de moro	20.455
Alfals	13.462
Blat	9.261
Ordi	8.158
Blat de moro farratger	3.683
Cereals d'hivern per a farratger	1.853
Altres conreus	2.536
<b>Total</b>	<b>59.406</b>

\* No es tenen en compte les pastures

Taula 1. Superfície estimada de conreus herbacis extensius en què es poden utilitzar sistemes de reg a pressió (Elaborat a partir de dades del Gabinet Tècnic del DAAM, 2013).

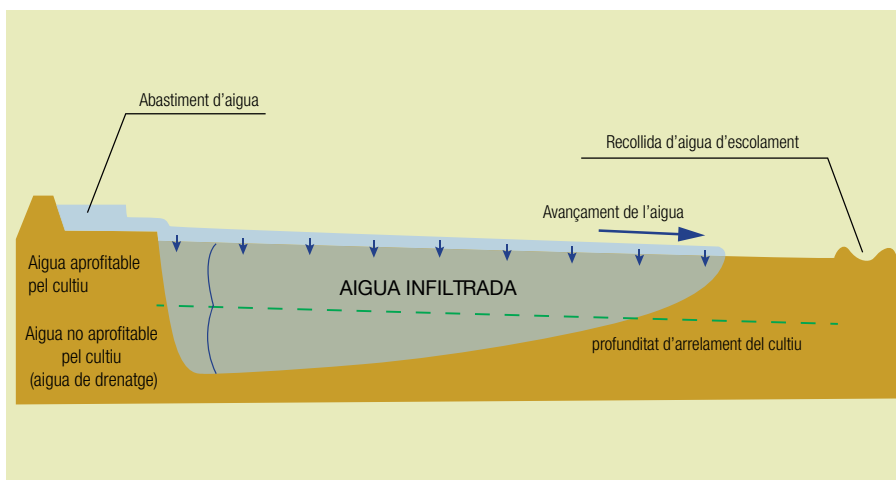


Figura 1. Esquema de les pèrdues d'aigua i nutrients (nitrats) d'un sistema de reg per gravetat.

És per aquest motiu que el reg per gravetat o reg de superfície, ja sigui a taules, feixes o solcs, no és apte per utilitzar-lo com a sistema per distribuir els fertilitzants. Tampoc no és aconsellable en el sistema de reg a pressió mitjançant canó aspersion mòbil, "trac", atès que en aquests sistemes la distribució de l'aigua i dels nutrients no és prou homogènia. No obstant això, en conreus herbacis extensius és freqüent l'ús d'aquests tipus de reg per fer aplicacions de N, possiblement pel desconeixement de la seva ineficiència. Això són pràctiques que cal evitar.

Entre els sistemes de reg a pressió considerats aptes per a fertirrigació en conreus herbacis extensius, els més utilitzats a Catalunya són:

#### a) Cobertura total

És el sistema de reg més utilitzat en conreus herbacis extensius. S'acostuma a treballar amb marcs quadrats o a portell ("tresbolillo") de 18x18m<sup>2</sup>, tot i que en zones amb vent

→  
**No són aptes per fertirrigació els sistemes de reg que no permetin una correcta distribució de l'aigua, com per exemple el reg per gravetat en taules, feixes o solcs, o el reg a pressió mitjançant "trac".**



Foto 2. Detall d'un reg per degoteig superficial en blat de moro. Autor: Oficina de fertilització, 2013.

s'utilitzen marcs rectangulars de 18x16m<sup>2</sup> o 18x15m<sup>2</sup>.

#### b) Pivot

Es tracta d'un sistema de reg d'ús exclusiu en conreus extensius a causa de l'estructura que requereix per al seu funcionament. Permet el reg i l'adobatge de superfícies circulars (completes o incompletes) amb radis que poden anar dels 50 als 800 m.

#### c) Degoteig superficial

És un sistema que s'està implantant amb força en els darrers anys en conreus com el blat de moro i que consisteix, primer, en el desplegament de línies de ramals de degotadors després de la sembra i de l'aplicació herbicida, i, finalment, en la seva recollida després de la collita. Entre els principals avantatges cal destacar l'estalvi en energia, aigua i adobs que representa; a més, la uniformitat del reg no es veu afectada pel vent, permet controlar la salinitat dels sòls, així com regar a baixes pressions. Un dels dissenys utilitzats en blat de moro és col·locar un ramal cada 2 files de plantes, és a

dir, separats cada 1,5 m aproximadament (Figura 2).

En aquest sistema les arrels són més abundants on es concentra l'aigua de reg i és especialment aconsellable la fertirrigació, ja que d'aquesta forma també es dipositen els nutrients on es concentra la màxima densitat radicular.

#### d) Degoteig enterrat

Similar al sistema anterior, però es tracta d'una instal·lació fixa. En aquest cas, hi haurà una despesa major en el disseny de la instal·lació (obertura de rases, etc.) però desapareixerà la despesa anual de desplegament i recollida dels ramals de reg.

## 04 Assajos de fertirrigació en cereals

A continuació, es presenten dues experiències sobre el fraccionament de les aportacions de N al cultiu de blat de moro a través de diferents sistemes de reg a pressió.

### 04.01 Fraccionament de l'adobatge de cobertura en blat de moro amb reg per aspersió

L'assaig es va portar a terme durant la campanya 2010 en una finca comercial situada al Baix Empordà, d'aproximadament 8 hectàrees, que es rega amb reg per aspersió (cobertura total) fix i que s'estructura en 9 sectors de reg. La parcel·la va rebre com a adobatge de fons purins de porcí d'engreix a la dosi agronòmica de 150 kg N/ha. S'hi van definir 3 dosis i fraccionaments diferents de N en cobertura (solució nitrogenada al 32% en N), cadascuna repetida en 3 dels sectors de reg de la parcel·la escollits a l'atzar. Les dosis i el fraccionament de l'adobatge van consistir en:

1) Aportació de 80 kg N/ha, en una sola aplicació. Aquesta dosi es va determinar de forma raonada mitjançant el mètode del balanç de N. Aquest mètode té en compte les aportacions de N al cultiu de forma global i les necessitats reals del cultiu.

2) Aportació inferior a la dosi recomanada. Aportació única de 40 kg N/ha.

3) Estratègia de fraccionament de N. Es van realitzar dues aportacions de N de 40 kg N/ha cadascuna, aportades en els estadis de 6 fulles i de 10-12 fulles desenvolupades.

Tal i com s'observa en la Taula 2, la producció obtinguda és superior quan s'apliquen dosis de N raonades a través d'un sistema d'ajuda a la decisió com és el mètode del Balanç de N, respecte a dosis inferiors.

Els resultats productius indiquen també que el tractament amb major producció final ha estat quan la dosi seleccionada (80 kg N/ha) s'aplica de forma fraccionada, en aquest cas en dues aportacions.

<b>Aspersió</b>	Estacionari	Sistemes fixos o de cobertura total (a)
	Desplaçament continu	Ala de reg automotriu rotatòria o pivot (b)
<b>Localitzat</b>	Superficial	Degoteig (d)
	Enterrat	Degoteig (c)

Taula 2. Principals tipus de sistemes de reg a pressió aptes per a la fertirrigació en conreus herbacis extensius.



### 04.02 Fraccionament de l'adobatge de cobertora en blat de moro amb reg per degoteig

#### 04.02.01 Descripció de l'assaig

Els anys 2010 i 2011 es va portar a terme un assaig amb l'objectiu de determinar les dosis òptimes de fertilització en relació amb el seu fraccionament mitjançant reg per degoteig en blat de moro.

Per tal de conèixer la resposta del cultiu al fraccionament de les cobertores amb diferents maneigs en la fertilització de fons, es van establir, cada any, dos assaigs en la mateixa parcel·la, un amb aportació en fons de purins de porcí a la dosi de 120 kg N/ha i un altre sense aportació d'adobs orgànics ni nitrogen mineral abans de la sembra.

Es van establir 5 dosis de N en cobertora (0, 75, 150, 225 i 300 kg N/ha) aportades de forma fraccionada en diferents moments del cicle del cultiu. Per cada dosi, en un cas es va aportar en cobertores primerenques (fins a 10 fulles desenvolupades) i en un altra es van aportar repartides de manera que s'apliqués una part del N en cobertores tardanes (properes a floració). L'adob nitrogenat es va aportar, en dues o tres vegades segons el cas, en forma de solució nitrogenada al 32% en N (N-32) mitjançant l'aigua de reg amb una bomba d'injecció d'adob.

#### 04.02.02 Estratègia d'adobatge de fons i dosis de N en cobertora

En les parcel·les assajades, l'aplicació d'adob orgànic a dosis agronòmiques abans de la sembra augmenta el potencial productiu del cultiu, que no es pot substituir per aplicacions molt elevades de N en cobertora. Quan s'han aplicat purins en fons, la producció màxima assolida es situa al voltant de 16 t/ha (amb dosis de N en cobertora relativament baixes), mentre que quan no s'apliquen la producció de blat de moro no supera les 15 t/ha encara que s'apliquin dosis molt elevades de N en cobertora.

S'ha observat diferent comportament en les dosis òptimes totals en cobertora en funció del maneigs de la fertilització de fons. En la Figura 2, s'observa que en les parcel·les amb adobs orgànics hi ha una baixa resposta a la fertilització de cobertora, aconseguint-se les màximes produccions amb aportacions de fins

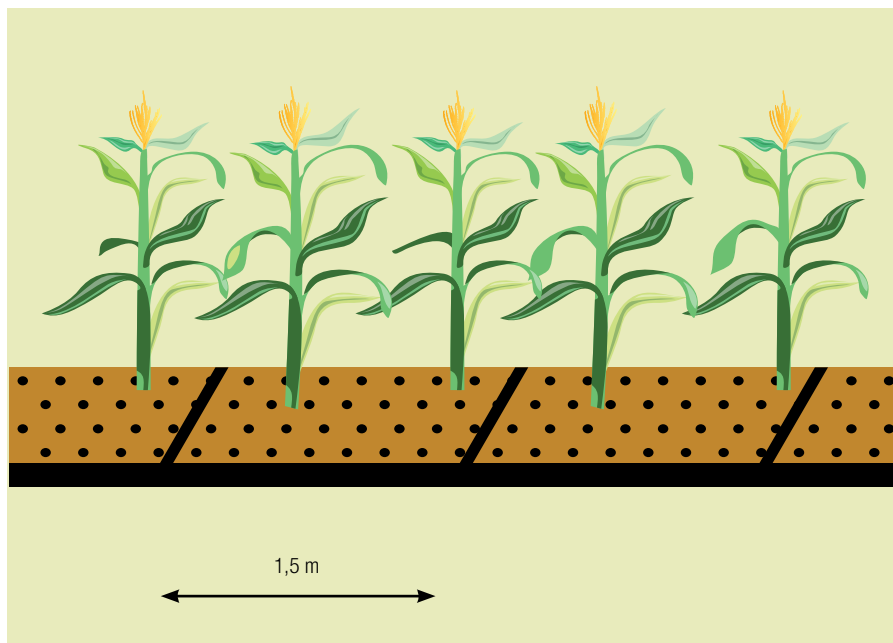


Figura 2. Esquema de la distribució habitual dels ramals cada dues fileres de blat de moro en el sistema de reg per degoteig superficial.

a 75 kg N/ha. En canvi, en parcel·les sense antecedents recents en l'aplicació d'adobs orgànics, la dosi òptima es situa propera als 150 kg N/ha (Figura 4).

L'aplicació de dosis superiors a les necessàries no milloren significativament la producció, però sí que incrementen el risc de pèrdues de N per rentat, tal i com s'observa en la Figura 5. En aquest sentit, les aportacions minerals en cobertora són més eficients que les de fons, ja que la planta té el N a disposició en el moment que el necessita. Així es minimitzen les pèrdues per rentat i, mitjançant el fraccionament, és possible ajustar les necessitats del cultiu a mesura que avança el cicle.

#### 04.02.03 Fraccionament de la cobertora

En la Figura 3 s'observa que quan s'apliquen adobs orgànics abans de la sembra, la dosi òptima (75 kg N/ha en aquest cas) presenta diferències importants entre l'aplicació d'aquest N únicament en cobertores primerenques i l'aplicació de part del N en cobertores properes a la floració del cultiu, essent més productiva l'estratègia de reservar part de l'adob per aportacions tardanes. Aquestes aportacions tardanes de part del N permeten assolir les màximes produccions amb dosis menors que si es fan únicament en cobertores primerenques, permetent un estalvi important d'adob. Per a dosis més elevades, no s'observen aquestes diferències, ja que l'efecte queda emmascarat per una dosi excessiva de N.

Dosi de N i fraccionament aplicat en cobertora	Producció (14% d'humitat) mitjana dels tres sectors de cada dosi de N
(kg N/ha)	(kg gra/ha)
1) 80	15.336
2) 40	14.796
3) 40 + 40 (fraccionat)	15.597

Taula 3. Resultats productius de l'assaig de fraccionament del N en cobertora amb reg per aspersió.



El fraccionament de la cobertura mineral en 2 o 3 aportacions s'aconseja per obtenir produccions màximes i una gestió correcta de la fertilització nitrogenada.

Quan no s'ha aplicat adobatge de fons, no s'observa tampoc aquest efecte de les aportacions (ni en positiu ni en negatiu), probablement en aquest cas a causa d'una limitació en la capacitat productiva del cultiu per una limitació de nutrients (sense arribar a deficiències detectables) en les fases inicials del cultiu.

En resum, el fraccionament de l'adobatge en cobertura en 2 o 3 aportacions durant el creixement vegetatiu del cultiu, reservant-ne una part per una aportació al voltant de floració, és suficient per a obtenir produccions màximes. En alguns casos, fraccionar en més aportacions no genera produccions superiors, però pot permetre gestionar millor el fertilitzant en la mesura que és possible adaptar millor les aportacions a les necessitats reals del cultiu. Per exemple, en el cas de previsió de pluges es pot reduir el nombre d'aplicacions o retardar-les uns dies amb l'objectiu d'evitar possibles pèrdues de N per rentat.

## 05 Consideracions finals

- 1) L'aportació d'adobs orgànics incrementa el potencial productiu de la parcel·la.
- 2) L'estratègia d'adobatge escollida (adobatge de fons o no, i dosi) serà decisiva pel que fa a la dosi de N i al nombre d'aportacions durant la cobertura. La dosi òptima de N aportada en cobertura serà funció de molts



Foto 4. Reg per degoteig superficial en blat de moro. Autor: IRTA-Mas Badia.

paràmetres específics de cada parcel·la. En l'assaig experimental estudiat s'ha situat en 75 kg N/ha per a aplicacions de purins en fons i en 150 kgN/ha en el cas de no fer aplicació orgànica.

- 3) El fraccionament de les cobertores és recomanable. Dues o tres aportacions són

suficients per obtenir màximes produccions. Les cobertores tardanes al voltant de floració són eficients i permeten reduir les aportacions de N.

- 4) Aportacions excessives de N provoquen acumulació de N romanent al sòl i afavoreixen el rentat de nitrats.

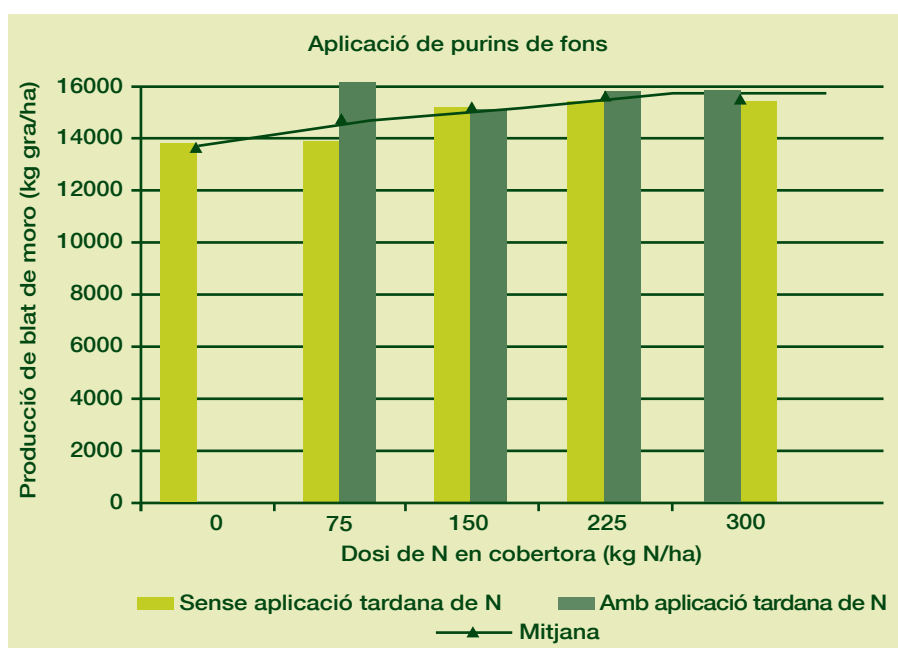


Figura 3. Producció mitjana de blat de moro en els 2 anys d'assaig per a diferents dosis de N mineral aplicat en cobertura (línia blava) i per diferents fraccionaments d'aquestes dosis (columnes). Amb aplicació de purins en fons abans de la sembra. Localitat: La Tallada d'Empordà, anys 2010 i 2011.



Foto 3. Reg per aspersió (cobertura total) en blat de moro. Autor: IRTA-Mas Badia.



La utilització o no de fertilitzants orgànics abans de la sembra és clau per decidir la dosi i el nombre de fraccionaments en cobertura.

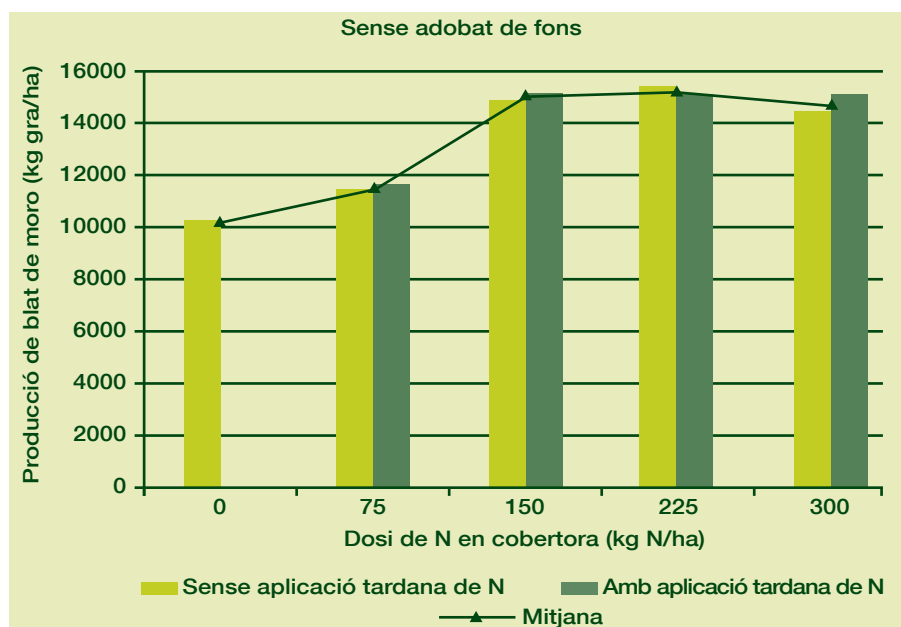


Figura 4. Producció mitjana de blat de moro en els 2 anys d'assaig per a diferents dosis de N mineral aplicat en cobertura (línia blava) i per diferents fraccionaments d'aquestes dosis (columnes). Sense aplicació d'adob (orgànic o mineral) en fons abans de la sembra. Localitat: La Tallada d'Empordà, anys 2010 i 2011.



Figura 5. Contingut en N nítric a la solució del sòl al llarg de l'evolució del cultiu

### 06 Autors



**Francesc Domingo Olivé**  
IRTA-Mas Badia  
francesc.domingo@irta.cat



**Albert Roselló i Martínez**  
SAF Sampling  
albert@safsampling.com



**Carlos Ortiz Gama**  
Oficina de fertilització i tractament de dejeccions ramaderes. DAAM  
carlos.ortiz@gencat.cat



**Cèsar Morin és enginyer tècnic agrícola i fa més de vint anys que treballa a Fruits Secs de Ze Les Garrigues en tasques de certificació, sanitat vegetal, reg, fertilització i assessorament agrari.**

La transformació de les finques de secà en regadiu i la introducció de noves tecnologies, productes i varietats fan de la transferència tecnològica, la innovació i la recerca factors indispensables en l'evolució, supervivència i competitivitat de les explotacions modernes. En parlem amb Cèsar Morin, enginyer tècnic agrícola i assessor de Fruits Secs de Les Garrigues.

### **Quines funcions desenvolupes com a tècnic de Fruits Secs de Les Garrigues? I quin suport tens per desenvolupar-les?**

Sóc assessor agrari de tots els productors associats i això comporta actuar en diferents àmbits.

Per una banda, assessoro en la confecció, el seguiment i la gestió de la documentació dels plans de millora i incorporacions de joves agricultors, als quals s'han acollit molts productors els darrers anys pels ajuts.

Per altra banda, també faig feines de tècnic d'ADV amb el seguiment de les principals plagues i malalties dels cultius de la zona (ametller i olivera) per poder recomanar si cal fer tractaments fitosanitaris i quan. Properament també actuaré com a assessor en gestió integrada de plagues per tal que les explotacions s'adaptin als requisits que exigeix el nou real decret d'ús sostenible de fitosanitaris.

També sóc tècnic responsable i representant davant el CCPI i les entitats de certificació d'uns 200 socis que produeixen amb el sistema de producció integrada.

## L'ENTREVISTA

**Cèsar Morin Morales**

Tècnic de la Cooperativa Fruits Secs de les Garrigues Maials (Segrià)

### **“ELS TÈCNICS ASSESSORS HAN DE SER UNA PEÇA CLAU EN LA TRANSFERÈNCIA DE NOUS CONEIXEMENTS”**

Extracte de l'entrevista publicada a [www.ruralcat.net](http://www.ruralcat.net)

Finalment, també assessoro els socis que produeixen amb el sistema de producció agrària ecològica i als nous regants en tot el tema de reg i fertilització.

Per a poder desenvolupar totes aquestes funcions, tinc el suport d'una companya que m'ajuda amb la feina administrativa. També rebem els serveis o el suport dels tècnics de la Federació de Cooperatives, de les oficines comarcals, de Sanitat Vegetal, dels laboratoris d'anàlisi i d'altres companys que treballen amb olivera i ametller.

### **Quines característiques té el regadiu a la superfície que assessores?**

La major part dels productors que assessoro en fertirrigació pertanyen a la Comunitat de Regants del reg Segrià Sud, que compta amb una dotació de 2.000 m<sup>3</sup>/ha/any, ja que van començar al 2006-2007 i fa més anys que rega. També assessoro en aquests temes a alguns productors de la zona de Juncosa de les Garrigues que reguen del Garrigues Sud, amb una dotació de 1.300 m<sup>3</sup>/ha/any.

Més recentment, el 2013, han començat a regar amb aigua del reg Segarra Garrigues alguns productors de la zona d'Alcanó, amb una dotació total de 6.000 m<sup>3</sup>/ha/any.

**“Les finques han viscut una transformació total [...] En l'actualitat, en les explotacions de regadiu es pot treballar amb molta precisió”**

### **Quins canvis perceps en la manera de gestionar les explotacions que han sofert una transformació de secà a regadiu?**

Les finques han viscut una transformació total.

Abans, els conreus eren de secà i es treballava per aprofitar al màxim la totalitat de l'aigua de

pluja, amb pluviometries variables segons la zona d'entre 300 i 500 l/m<sup>2</sup>/any. Així, es mirava d'evitar la competència per l'aigua amb les males herbes mitjançant passades de cultivador abans que fos gran i també es feien parades d'aigua perquè aquesta pogués penetrar dins del sòl i no marxés.

Pel que fa a la fertilització, no tenien la seguretat que les unitats aplicades mitjançant adobs arribessin als conreus durant la mateixa campanya. Es produïen moltes pèrdues d'unitats fertilitzants de nitrogen, ja fos per evaporació o per lixiviació, perquè les poques precipitacions sovint eren mal repartides, amb pluges fortes concentrades en dos èpoques de l'any.

En l'actualitat, en les explotacions de regadiu es pot treballar amb molta precisió. Es poden fer càlculs per saber la quantitat d'aigua i unitats fertilitzants necessàries. Sabent la dotació o quantitat d'aigua que tens, la pots distribuir de la manera més eficient per als cultius i a més tens la seguretat que les unitats fertilitzants aplicades seran aprofitades pels conreus.

### **Quina formació, en sentit ampli, creus que s'hauria de programar en l'entorn del regadiu per a millorar la gestió del Reg?**

La majoria de les finques de regadiu estan gestionades per agricultors joves o de mitjana edat i, en general, tenen una bona formació i adequada a les necessitats de les seves explotacions. Molts han realitzat cursos i jornades tècniques que ofereix el Departament d'Agricultura.

Penso que, a més de continuar amb aquests curssets i jornades, seria interessant programar jornades d'intercanvi d'experiències de camp entre agricultors. Així, els qui ja tenen coneixements i pràctica en fertirrigació podrien explicar les seves experiències als que estan començant.

