

LIXIVIACIÓ DE NUTRIENTS I PRODUCCIÓ DE MADUIXOT. EFECTES DEL MANEIG DE LA FERTIRRIGACIÓ.

C. López*, R. Muñoz*, M. Tió**, O. Marfà*

RESUM

L'estudi desenvolupa a escala d'explotació agrícola un model de gestió de l'aigua i dels fertilitzants per al cultiu del maduixot en sòls sorrencs d'elevada permeabilitat, amb l'objectiu de reduir l'efecte contaminant derivat de l'ús intensiu de fertilitzants en aquest conreu, sense renunciar a la productivitat.

Els resultats obtinguts mostren que la utilització conjunta de solucions nutritives de concentració reduïda i el criteri de reg, a partir de mesures de tanc d'evaporació, permeten un ús més eficient de l'aigua i els fertilitzants i que es mantenen els nivells productius i la qualitat.

PARAULES CLAU: maduixot, fertirrigació, lixiviació, sals solubles, salinitat, potencial matricial, nitrats, solucions nutritives, tanc evaporimètric, tensiòmetre.

* Departament de Tecnologia Hortícola de l'IRTA. Centre de Cabriels, Carretera de Cabriels s/n, 08348 Cabriels (Barcelona).

** Agrícola Santpolenca (Frespol), SCCL. Carretera de Sant Cebrià de Vallalta, km 1. 08395 Sant Pol de Mar (Barcelona).

RESUMEN

El estudio desarrolla a escala de explotación agrícola un modelo de gestión del agua y de los fertilizantes, para el cultivo del fresón en suelos arenosos de elevada permeabilidad, con el objetivo de reducir el efecto contaminante derivado del uso intensivo de fertilizantes en este cultivo sin renunciar a la productividad.

Los resultados obtenidos muestran que la utilización conjunta de soluciones nutritivas de concentración reducida y el criterio de riego a partir de medidas de tanque de evaporación permiten un uso más eficiente del agua y los fertilizantes y que se mantienen los niveles productivos y la calidad.

PALABRAS CLAVE: fresón, fertirrigación, lixiviació, sales solubles, salinidad, potencial matricial, nitratos, soluciones nutritivas, tanque evaporimétrico, tensiómetro.

SUMMARY

A water and fertilisers management model is being developed at farm level

that allows the control of strawberry production in permeable sandy soils.

The main objective is to reduce the potential chemical degradation of the soil due to the general intensive use of fertilisers without decreasing productivity.

The results show that the coupled use of nutritive solutions at low concentrations and an irrigation criteria based on evaporation tank measurements allow a more efficient water and fertilizer use while production levels and quality.

KEY WORDS: strawberry, ferti-irrigation, leaching, soluble salts, salinity, matrix potential, nitrates, nutritive solutions, evaporimetric tank, tensiometer.

1. INTRODUCCIÓ

És força corrent que els conreus intensius de maduixot es localitzin en sòls sorrencs, molt permeables i amb dèbil capacitat d'intercanvi catiònic. És el cas de les àrees de conreu del maduixot del Maresme a Catalunya i de Huelva a Andalusia. Les condicions edàfiques referides afavoreixen la contaminació salina dels horitzons subsuperficials i dels freàtics. La contaminació deguda als nitrats és la més descrita (Pulido *et al.*, 1992), (Guimerà, 1992), (Serrano *et al.*, 1993); però naturalment només és l'exponent de la contaminació salina dels sòls i dels aqüífers derivada de les pràctiques agrícoles intensives.

Experiments duts a terme amb el maduixot, en sòls de textura sorrenca,

utilitzant regs d'alta freqüència, han mostrat que els rendiments productius i l'eficiència en l'ús de l'aigua més elevats s'aconsegueixen quan el criteri d'aplicació del reg s'associa a un potencial matricial (Ψ_m) pròxim a zero, concretament quan $\Psi_m = -10$ KPa (Serrano *et al.*, 1992).

Tot i que el criteri referit suposa pèrdues d'aigua per percolació de més de 300 L/m² i de nitrats de l'ordre de 350 Kg. N-NO₃⁻/ha durant el conreu (Serrano *et al.*, 1993), a aquestes pèrdues s'hi afegeixen probablement les d'altres nutrients tenint en consideració les composicions de les solucions nutritives utilitzades per a la fertirrigació del maduixot (Marfà, 1990).

Resoldre aquesta problemàtica, sense reduir significativament la productivitat, requereix millorar els criteris d'aplicació de l'aigua, ajustant les dosis i les freqüències, i formular millor la composició i la concentració de les solucions nutritives utilitzades.

Pel que fa a l'aigua, tenint en consideració els sòls de què es tracta, cal possiblement fraccionar més les aplicacions i ajustar les dosis per tal que les taxes de drenatge siguin suficients per mantenir la concentració salina de la solució del sòl en nivells que no comprometin la productivitat (Ku i Hershey, 1992).

Pel que fa a la nutrició, la bibliografia esmenta treballs que mostren, per a certs conreus, com l'aplicació molt freqüent del reg permet reduir la concentració de les solucions fertilitzants sense minvar els rendiments productius (Williams i Nelson, 1992). També s'han as-

sajat amb bons resultats, pel que fa al control de la contaminació per nitrats, fertilitzants d'alliberament lent (Diez *et al.*, 1994).

En aquest treball es consideren conjuntament els dos aspectes de la fertirrigació abans referits: l'aigua i els nutrients. L'objectiu és establir pautes per a reduir la contaminació salina dels sòls en el conreu intensiu del maduixot en els sòls sorrenca de l'àrea mediterrània i atlàntica.

2. MATERIAL I MÈTODES

L'experiment s'ha dut a terme en una finca maduixaire a Sant Cebrià de Vallalta (Maresme, Barcelona), orientada al SSE i amb textura sorrenca (USDA).

Amb data 22/09/92 va establir-se una plantació directa (una planta per lloc) de maduixot cultivar Pájaro amb planta frigoconservada; la densitat de plantes fou de 6/m²; les plantes es van disposar en eres de dues fileres en túnels de 4 m d'ample i 30 m de llarg adaptats al pendent. El conreu s'ha conduït de la forma usual a la comarca per a una producció forçada primerenca i s'ha perllongat el cultiu durant un segon any per tal d'analitzar els avantatges diferencials del manteniment de la plantació durant dos anys, enfront del sistema tradicional de renovació anyal de la plantació (Marfà, *et al.*, 1989). S'ha utilitzat un sistema de reg localitzat amb línies portadegotadores (un degotador per planta de 2 L/h). S'ha disposat un capçal de fertirrigació amb dos injectors proporcionals per a solucions concentrades.

Alhora, amb la finalitat descrita en la introducció, s'ha dissenyat un experiment factorial amb dos fonts de variació i dos tractaments per factor, en blocs a l'atzar (2) i repeticions (3). Cada parcel·la elemental (24) comprenia 360 plantes que ocupaven la meitat d'un túnel de 120 m².

Les fonts de variació i els tractaments han estat els següents:

2.1. Maneig del reg

2.1.1. Criteri tensiomètric: Quan una bateria de 3 tensiòmetres assolía una lectura mitjana de -10 KPa s'aplicava una dosi de reg de 12,6 L/m², calculada tenint en consideració la profunditat radicular i la corba característica del sòl (Serrano *et al.*, 1992).

2.1.2. Criteri del tanc evaporimètric: Quan l'evaporació acumulada des del reg anterior, en un tanc classe A, situat dins el túnel, assolía 5 L/m², s'aplicava un reg de 3,5 L/m² (5 × 0,7); això suposa l'ús d'un coeficient global, que relaciona l'evaporació amb la dosi de reg, de 0,7 (Roudeillac, 1987). Aquest criteri s'ha adoptat com a simplificació del mètode clàssic de coeficients variables a efecte de facilitar-ne l'ús agrícola posterior.

2.2. Concentració de la solució nutritiva

2.2.1. Criteri 100 %: Formulacions variables segons època i concentració tal que la pressió osmòtica oscil·lava entre 0,7 i 0,8 atmosferes (taula II).

2.2.2. Criteri 50 %: Formulacions variables amb les mateixes relacions iòniques que la concentració 100 % però amb una concentració que té una pressió osmòtica de 0,5 atmosferes (taula II).

En el decurs del cultiu s'ha mesurat la producció, el pes mitjà del fruit i el nombre de fruits per planta; s'ha determinat, en els fruits, els continguts de glucosa i d'àcid cítric per a establir la qualitat del fruit, com a *ratio* entre ambdós continguts.

D'altra banda s'ha dut a terme un balanç d'aigua i de nutrients (nitrogen, fòsfor, potassi) tenint en compte els volums d'aigua aplicada i els recollits en els col·lectors dels dos lisímetres de drenatge (Serrano *et al.*, 1992) instal·lats en cada tractament, i els continguts iònics de les solucions nutritives aplicades, dels lixiviat i de les extraccions del cultiu.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

Els resultats del balanç de nutrients per al segon any de cultiu mostren que les taxes de drenatge (volum lixiviat/volum aplicat) pel criteri 50 % són del 38, 12,7 i 4,1 % i pel criteri 100 % són del 49,8, 32,3 i 26 % referides respectivament a N, P i K (taula I). D'altra banda, les extraccions de N, P i K del cultiu no han estat significativament diferents per als dos criteris de concentració de la solució nutritiva. Les diferències entre el criteri 50 % i el 100 % són més grans per al fòsfor i el potassi que per al nitrogen. Per tant, globalment, el criteri 50 % permet una reducció de les pèrdues de N, P i K per lixiviació respecte del criteri 100 %.

La comparació de les mitjanes de pH, conductivitat i contingut de nitrats de les solucions nutritives respecte dels lixiviat per als dos anys de cultiu i per als tractaments assajats indiquen que no hi ha una acumulació de sals en el

TAULA I. *Balanç dels nutrients aportats amb la solució nutritiva, els perduts per lixiviació i les extraccions realitzades per les plantes corresponents als diferents criteris de fertilització, durant el segon any de cultiu.*

		N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Fertilització 50 %	Reg	449,65	83,73	626,34
	Drenatge	171,23	10,60	25,78
	Aportació neta (1)	381,25	109,80	791,08
	Extraccions cultiu (2)	31,98	11,07	600,56
	Dif (1)-(2)	246,44	62,06	544,74
Fertilització 100 %	Reg	760,19	162,22	1069,45
	Drenatge	378,94	52,42	278,37
	Aportació neta (1)	381,25	109,80	791,08
	Extraccions cultiu (2)	36,98	14,09	66,63
	Dif (1)-(2)	344,27	95,71	724,45

sòl, probablement com a conseqüència de l'elevada taxa de drenatge aplicada; el ritme d'absorció de nitrats és menor que la concentració aplicada en la solució nutritiva particularment per als tractaments 100 %; de forma general s'observa una basificació, probablement d'origen fisiològic, que convindria compensar augmentant la relació amoni/nitrats (taula II).

Del balanç d'aigua resulta que amb el criteri *Tanc* s'aporta un 16 % menys d'aigua que amb el criteri *Tensiòmetre*, globalment per als dos anys de cultiu. El nombre de regs és més elevat per al criteri *Tanc* que per al criteri *Tensiòmetre*. Les taxes de drenatge són en general elevades i estan relacionades amb les característiques hidrològiques associades a la textura del sòl. El criteri *Tanc* és més eficient quant a l'ús de l'ai-

gua (WUE) probablement perquè les freqüències de reg d'aquest criteri afavoreixen una major productivitat (taula III) (Sánchez *et al.*, 1994).

Durant el primer any no s'observen diferències significatives entre tractaments quant a la producció acumulada; però durant el segon any el tractament *Tanc 100* es mostra significativament més productiu que els tractaments *Tensiòmetre*. com que el pes mitjà dels fruits no es diferencia entre tractaments, aquestes diferències de producció acumulada són atribuïbles al nombre de fruits per planta. Hi ha treballs que mostren que moderats dèficits hídrics redueixen el nombre de fruits per planta (Serrano *et al.*, 1992), (Gehrmann, 1985). Els tractaments assajats no promouen diferències significatives de l'índex de qualitat dels fruits (taula IV).

TAULA II. pH, conductivitat elèctrica (CE) i concentració de nitrats a les solucions nutritives i a l'aigua de drenatge, de cada tractament, per a cada any de cultiu.

Primer any	Tensiòmetre 50	Tensiòmetre 100	Tanc 50	Tanc 100
∇ pH	6,5	6,5	6,5	6,5
∇ CE (μS/cm)	1.315	2.000	1.315	2.000
∇ NO ₃ ⁻ (meq/L)	4,38	8,27	4,38	8,27
• pH	7,36 a (±0,16)	7,17 a (±0,03)	7,26 a (±0,09)	7,29 a (±0,13)
• CE (μS/cm)	1789 b (±179)	2086 a (±176)	1685 b (±30)	2159 a (±180)
• NO ₃ ⁻ (meq/L)	6,67 a (±0,43)	10,62 b (±1,02)	17,17 a (±0,32)	8,96 ab (±0,96)
Segon any	Tensiòmetre 50	Tensiòmetre 100	Tanc 50	Tanc 100
∇ pH	6,4	6,1	6,4	6,1
∇ CE (μS/cm)	1.362	1.907	1.362	1.907
∇ NO ₃ ⁻ (meq/L)	5,98	9,99	5,98	9,99
• pH	7,61 a (±0,08)	6,89 b (±0,11)	7,61 a (±0,08)	6,89 b (±0,11)
• CE (μS/cm)	1.386 a (±51)	1.997 b (±42)	1.386 a (±51)	1.997 b (±42)
• NO ₃ ⁻ (meq/L)	5,92 a (±0,62)	12,40 b (±0,80)	5,92 a (±0,62)	12,40 b (±0,80)

Valors seguits de lletres diferents en una filera indiquen diferències significatives entre tractaments (p < 0,005).

TAULA III. *Dosi bruta total de solució nutritiva aplicada, taxa de drenatge, nombre i dosi de regs i eficiència en l'ús de l'aigua (WUE) dels diferents tractaments durant els dos anys de cultiu.*

Primer any	Tensiòmetre 50	Tensiòmetre 100	Tanc 50	Tanc 100
<i>Dosi bruta (mm)</i>	482,3	526,0	346,4	346,4
<i>% Drenatge*</i>	54,7	52,3	50,6	48,7
<i>Nombre de regs</i>	49	55	88	88
<i>Dosi de reg (mm)</i>	12,6	12,6	3,5	3,5
<i>WUE** (g/L)</i>	21,44	20,60	27,60	28,59
Estiu	Tensiòmetre 50	Tensiòmetre 100	Tanc 50	Tanc 100
<i>Dosi bruta (mm)</i>	350,0	355,2	274,4	274,4
<i>Nombre de regs</i>	27	28	45	45
Segon any	Tensiòmetre 50	Tensiòmetre 100	Tanc 50	Tanc 100
<i>Dosi bruta (mm)</i>	382,6	364,8	412,4	412,4
<i>% Drenatge*</i>	43	51,5	60,3	60,3
<i>Nombre de regs</i>	36	34	81	81
<i>Dosi de reg (mm)</i>	12,6	12,6	3,5	3,5
<i>WUE** (g/L)</i>	7,96	10,28	15,12	15,86

* Drenatge referit a la dosi bruta.

** Eficiència en l'ús de l'aigua: producció/aigua transpirada (WUE).

4. CONCLUSIONS

En les condicions estudiades, l'aplicació de solucions nutritives equilibrades amb una concentració reduïda a la meitat, respecte a la concentració recomanada per cultius sense sòl, amb fertirrigació contínua, permet:

— Estalviar fertilitzants i disminuir les pèrdues de nutrients en profunditat; en conseqüència se'n fa un ús més eficient i menys contaminant, en especial dels nitrats, necessari pel manteniment de la qualitat de les aigües dels aquífers.

— Obtenir una qualitat del fruit que no es diferencia significativament de la que s'obté amb concentració doble.

Els resultats obtinguts mostren que la producció està més lligada al criteri de reg que no pas a la concentració de la solució nutritiva, ja que una disminució de la concentració de la solució nutritiva no implica una reducció notable dels rendiments. El criteri *Tanc* permet un estalvi d'aigua i un ús més eficient.

Finalment, els resultats suggereixen que es poden reduir les taxes de drenatge a partir de la disminució de les dosis d'aigua aplicades.

AGRAÏMENTS

Agraïm el suport econòmic de la CIRIT (RDIT 92/17) per a la realització

TAULA IV. Produccions finals acumulades i paràmetres de qualitat del fruit obtinguts durant els dos anys de cultiu de maduixot per als diferents tractaments. (*)

Primer any	Tensiòmetre 50	Tensiòmetre 100	Tanc 50	Tanc 100
Producció per planta (g) (n=3)	780,9 a (±46,6)	861,4 a (±20,4)	787,0 a (±57,6)	846,6 a (±23,3)
Índex de qualitat (%) (n=18)	8,5	10,5	9,8	9,5
Segon any	Tensiòmetre 50	Tensiòmetre 100	Tanc 50	Tanc 100
Producció per planta (g) (n=6)	508,4 a (±31,0)	545,0 ab (±31,1)	636,6 bc (±45,2)	678,6 c (±22,9)
Núm. fruits per planta (n=6)	22,4 a (±1,23)	23,5 ab (±1,16)	27,4 bc (±1,40)	30,3 c (±1,15)
Pes mitjà fruits (g) (n=96)	22,7 a (±0,73)	23,2 a (±0,66)	23,2 a (±1,06)	22,4 a (±0,68)
Índex de qualitat (%) (n=18)	11,7	11,5	11,7	11,6

(*) Valors seguits de lletres diferents en una filera indiquen diferències significatives entre tractaments ($p < 0,05$); entre parèntesi error estàndard de la mitjana.

d'aquest treball durant el primer any. També agraïm al personal del Laboratori Agrari del DARP de la Generalitat de Catalunya el suport i les facilitats en les tasques analítiques.

BIBLIOGRAFIA

- DÍEZ, J. A.; ROMÁN, R.; CARTAGENA, M. C.; VALLEJO, A.; BUSTOS, A.; CABALLERO, R. (1994). «Controlling nitrate pollution of aquifers by using different nitrogenous controlled release fertilizers in maize crop». *Agric. Eco. Env.*, núm. 48, p. 49-56.
- GEHRMANN, H. (1985). «Growth yield and fruit quality of strawberries as affected by water supply». *Acta Horticulturae*, núm. 171, p. 463-469.
- GUIMERA, J. (1992). *Análisis experimental del flujo y comportamiento del ión nitrato en la zona no saturada y su influencia en el agua subterránea*. Tesi Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.
- KU, C. S. M.; HERSHEY, D. R. (1992). «Leachate electrical conductivity and growth of potted geranium with leaching fractions of 0 to 0.4». *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, núm. 117(6), p. 893-897.
- MARFÀ, O.; REGUANT, F.; SERRANO, L.; JOANQUET, M.; TARDÀ, A. (1989). «El sector maduixaire a l'Alt Maresme. Bases tècniques per a la millora de l'activitat agrícola». *Memòria I. Premi Firesme d'Investigació Agrícola*. Vol I-II. Ajuntament de Mataró.
- MARFÀ, O. (1990). «Intensificació de conreus hortícoles mitjançant tècniques de conreu forasol en sacs». Tesi Doctoral Universitat Politècnica de Catalunya. p. 383.

- PULIDO, A.; MOLINA, L.; MARTÍNEZ, J. L.; PADILLA, A.; NAVARRETE, F. (1992). «Evolución del contenido en nitratos de las aguas de la unidad de Balerma-Las Marinas (Campo de Dalías, Almería)». *Hidrogeología y recursos hidráulicos*, núm. XVI, p. 205-214.
- ROUDEILLAC, M. P.; VESCHAMBRE, M. O. (1987). «La fraise. Techniques de production». *Ed. CTIFL*. França.
- SÁNCHEZ, C. A.; ROTH, R. L.; GARDNER, B. R. (1994). «Irrigation and nitrogen management for sprinkler-irrigated cabbage on sand». *J. Amerc. Soc. Hort. Sci.*, núm. 119(3), p. 427-433.
- SERRANO, L.; CARBONELL, X.; SAVÉ, R.; MARFÀ, O.; PEÑUELAS, J. (1992). «Effects of irrigation on the yield and water use of strawberry». *Irrigation Science*, núm. 13, p. 45-48.
- SERRANO, L.; CARBONELL, X.; MARFÀ, O.; CANDELA, L.; GUIMERA, J. (1993). «Nitrate leaching and strawberry production as affected by drip irrigation». ISBN 0 9521673 01. *Environmental Pollution ICEP*, núm. 2, p. 311-316.
- WILLIAMS, K. A.; NELSON, P. V. (1992). «Growth of Chrysanthemum at low relatively steady nutrient levels in a commercial-style substrate». *HortScience*, núm. 27 (8), p. 877-880.