

## La subirrigazione in canaletta di specie orticole: principi e fattori importanti

Accursio Venezia<sup>1\*</sup>, Ernesto Ranucci<sup>2</sup>, Donato Lucia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di ricerca per l'orticoltura - CREA-ORT, Pontecagnano (SA)

<sup>2</sup> Elettra Sistemi srl, Salerno

<sup>3</sup> Norcom spa, Milano (importatore ufficiale Jiffy)

### Gutter subirrigation of vegetable crops: principles and important factors

**Abstract.** Principles of gutter subirrigation and the factors for managing a long cycle crop (9-10 months) of cherry tomato (cv Birichino) in cold greenhouse are outlined. The higher water affinity of coconut fiber compared with peat allows easy monitoring of root solution and regulation of water and nutrients flow in order to meet plant needs, while moderating salt accumulation in the upper layer of substrate. This has allowed to reuse the substrate up to four consecutive times for short-cycle tomato crops (cv Shiren) without noticeable yield reductions. Physical, chemical and microbiological characteristics of coconut fiber and its processing to obtain RHP Horticulture quality certification for safe and reliable use as pot substrate in closed system gutter subirrigation is described. A gutter subirrigation plant for easy and economical protected cropping system in a variety of environments was designed in the framework of the OFRALSER project, also starting a network of gutter subirrigation users.

**Key words:** Soilless culture, closed system, substrate, plant, tomato.

### Introduzione

Il modo più semplice e diffuso di coltivare senza suolo è la coltura su substrato irrigato a goccia. Il volume di substrato disponibile per le radici è 10-20

volte inferiore rispetto alla coltura su suolo. La fertirrigazione consente un controllo completo della nutrizione idrica e minerale, ma la variabilità di erogazione tra i punti goccia e la variabilità di assorbimento da parte delle piante rendono necessario drenare almeno un quarto della soluzione nutritiva (SN) per prevenire l'accumulo di sali nel substrato, dal momento che l'acqua irrigua spesso contiene elevate concentrazioni di alcuni elementi minerali (Sonneveld, 2000). La raccolta, l'analisi e la necessaria disinfezione della SN drenata consentono di riutilizzarla, chiudendo il sistema (Incrocci *et al.*, 2009).

Nel sistema chiuso si raggiunge un equilibrio tra somministrazione e assorbimento, purché le perdite di acqua siano solo per traspirazione, come generalmente succede, essendo il substrato rivestito di film plastico; se l'acqua contiene elementi in concentrazione maggiore di quella necessaria alle piante, tali elementi si lasciano accumulare fino alla concentrazione massima accettabile per minimizzare il rilascio di drenato.

La tendenza verso processi produttivi non inquinanti, tradotta in leggi e regolamenti dai governi, richiede una gestione delle colture protette mediterranee fertirrigate (in suolo e fuori suolo) idonea a ridurre l'impatto ambientale delle SN reflue, sull'esempio dell'Olanda e di altri paesi del Nord Europa (Voogt *et al.*, 2013).

### Subirrigazione in canaletta

L'irrigazione comporta la formazione di gradienti di concentrazione con ottime possibilità di fuga osmotica per la pianta che assorbe acqua dove la SN è meno concentrata, presso il punto goccia, e i nutrienti dove è più concentrata, presso il punto di drenaggio (Sonneveld e Voogt, 1990). Con l'irrigazione a goccia il gradiente è

\* accursio.venezia@crea.gov.it

verso il basso e si possono usare SN più concentrate, perché il substrato viene attraversato velocemente dalla SN, mentre con la subirrigazione il gradiente è verso l'alto e si devono usare SN meno concentrate, perché la SN si muove lentamente nel substrato per risalita capillare. Gli ioni in eccesso si accumulano in maggiore proporzione nella SN ricircolata, nel caso dell'irrigazione a goccia, o nello strato superiore del substrato, nel caso della subirrigazione con ricircolo della SN, attuata con vasi posti su bancale o pavimento periodicamente allagati (*ebb and flow*) o in una canaletta in pendenza (*trough bench* o *gutter*) (Molitor, 1990; Otten, 1994; Incrocci *et al.*, 2006).

La subirrigazione consente di separare la zona di substrato con accumulo di ioni residui (strato superiore), in cui le radici sono scarse o assenti, dalla zona radicata in cui la pianta assorbe acqua ed elementi nutritivi (strato mediano ed inferiore). Nello strato superiore non ci sono limiti per l'accumulo, purché non venga invertita la direzione dell'irrigazione e, nel caso di riutilizzo del substrato, il trapianto sia effettuato ponendo la zolla al di sotto dello strato salato (Capodilupo *et al.*, 2015).

Con un flusso di SN pari all'evapotraspirato (flusso di massa) si riducono il rischio di diffusione di patogeni e la ridiffusione degli elementi assorbiti nella SN ricircolata. Con una concentrazione pari a quella assorbita dalle piante si assicura una nutrizione adeguata, evitando alterazioni della SN in circolo (diffusione) e della SN radicale. Ciò è stato verificato su specie ornamentali coltivate in vaso (James e van Iersel, 2001), indipendentemente dalle modalità di reintegro della SN a conducibilità elettrica (EC) costante o variabile, caso nel quale era tenuta costante l'EC del percolato, misurata col metodo *pour thru* (van Iersel e Kang, 2002).

Pochi studi sono stati condotti su ortaggi da frutto (Incrocci *et al.*, 2006, Santamaria *et al.*, 2003, Venezia *et al.*, 2003 e 2006, Capodilupo *et al.*, 2015 su pomodoro; Venezia *et al.*, 1999 e 2001 su peperone e melanzana; Roupheal *et al.*, 2006 su zucchini) e in questi studi per la subirrigazione sono stati adottati livelli di concentrazione della SN e modalità di gestione dell'irrigazione basati sulla pratica dell'irrigazione a goccia, tendendo alla semplicità di gestione, a minimizzare il rilascio di nutrienti nell'ambiente (*zero-runoff system*, sistema chiuso continuo) e a ridurre il rischio di diffusione di malattie, tollerando un certo accumulo di sali, costituiti anche di elementi nutritivi, nella SN ricircolata e nella zona radicale, con cali di produzione e moderato miglioramento della qualità dei frutti. I risultati ottenuti dal CREA-ORT per la subirrigazione in canaletta hanno permesso di formulare una combinazione ottima dei livelli

dei fattori importanti per la coltivazione di pomodoro ciliegino a ciclo breve su substrato fresco da trasferire alle aziende (Capodilupo e Venezia, 2013):

- utilizzo di acqua irrigua di ottima qualità;
- SN a mezza forza;
- substrato fresco a base di torba in vasi di 10 L;
- irrigazione con soglia a  $100 \text{ J cm}^{-2}$  e durata di 15-20 minuti;
- reintegro frequente dei consumi in serbatoio;
- volume di SN  $>3 \text{ L pianta}^{-1}$ ;
- portata di  $8 \text{ L min}^{-1}$ ;
- pendenza canaletta 1%;
- pacciamatura della canaletta e non del vaso.

L'impianto di subirrigazione in canaletta deve assicurare un flusso unidirezionale di SN attraverso l'assorbimento per capillarità dal substrato in vaso (fig. 1), ottenibile mediante regolazione della sua concentrazione e durata e frequenza delle irrigazioni. L'accumulo nello strato superiore del substrato degli ioni non assorbiti dalla pianta e la conseguente stabilità della composizione minerale esonerano da correzioni della SN ricircolata, mentre la presenza di una flora microbica compatibile con la produzione (assenza del vuoto biologico) non ne rendono necessaria la disinfezione. Ciò è stato verificato su pomodoro a ciclo breve con substrato fresco a base di torba bionda, ma le stesse condizioni con ciclo lungo e riutilizzo del substrato non hanno fornito rese comparabili a quelle dell'irrigazione a goccia su lana di roccia in sistema chiuso. Per migliorare il sistema a tale riguardo sono state sperimentate, con il progetto OFRAL-SER, le seguenti misure:

- uso di portinnesti, in collaborazione con Ecofaber;

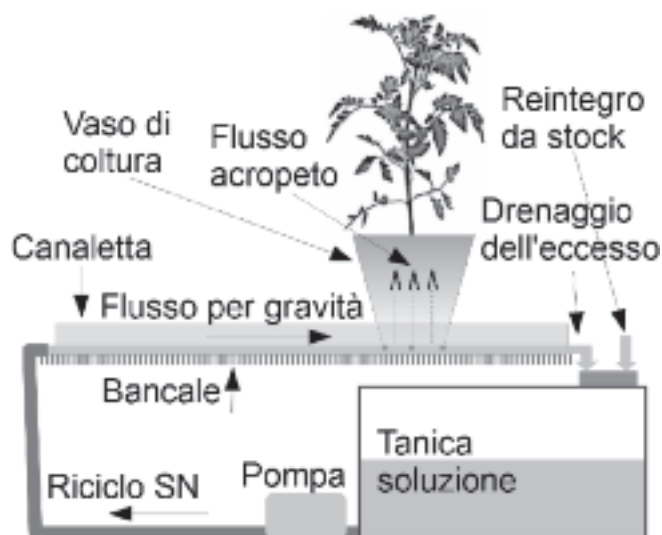


Fig. 1 - Schema di un sistema di subirrigazione in canaletta a ciclo chiuso.

Fig. 1 - Schematic drawing of a closed system gutter subirrigation.

- substrato più affine all'acqua, in collaborazione con Norcom-Jiffy;
- monitoraggio della crescita in continuo, in collaborazione con [www.laurus-srl.it](http://www.laurus-srl.it);
- gestione dinamica della SN (EC e pH).

## Il progetto OFRALSER

L'obiettivo del CREA-ORT era modulare il flusso unidirezionale di acqua e nutrienti per soddisfare le esigenze delle piante (equilibrato rapporto *source/sink*) minimizzando l'accumulo di sali nel substrato in vaso anche in pomodoro a ciclo lungo e con substrato riutilizzato varie volte.

Per la subirrigazione del pomodoro a ciclo lungo è stata monitorata la SN radicale dello strato inferiore del substrato con lisimetri a suzione (SDEC France) impiegando come substrato fibra di cocco, più affine all'acqua (fig. 2) rispetto alla torba e dotata di:

- elevata porosità e disponibilità di ossigeno;
- bassa velocità di deterioramento grazie alla quantità di lignina;
- bassi costi di essiccazione, al sole;
- risorsa rinnovabile;
- utilizzabile a fine coltura come ammendante del terreno.

Come substrato è stata utilizzata fibra di cocco con certificazione RHP Horticulture ([www.rhp.nl/en/professional/keurmerkenoverzicht/](http://www.rhp.nl/en/professional/keurmerkenoverzicht/)), priva di sali idrosolubili (KCl e NaCl) e con il complesso di scambio saturato con Calcio, esente da erbe infestanti, nematodi, ecc. e con elevato indice di maturazione, mentre la SN ricircolata è stata gestita seguendo le linee guida della Norcom-Jiffy per pomodoro e zucchino in sistema chiuso nelle condizioni olandesi (tabb. 1 e 2).

In questa relazione sono illustrati i primi risultati, relativi al monitoraggio del substrato e della SN in tre casi studio e ad azioni di trasferimento.

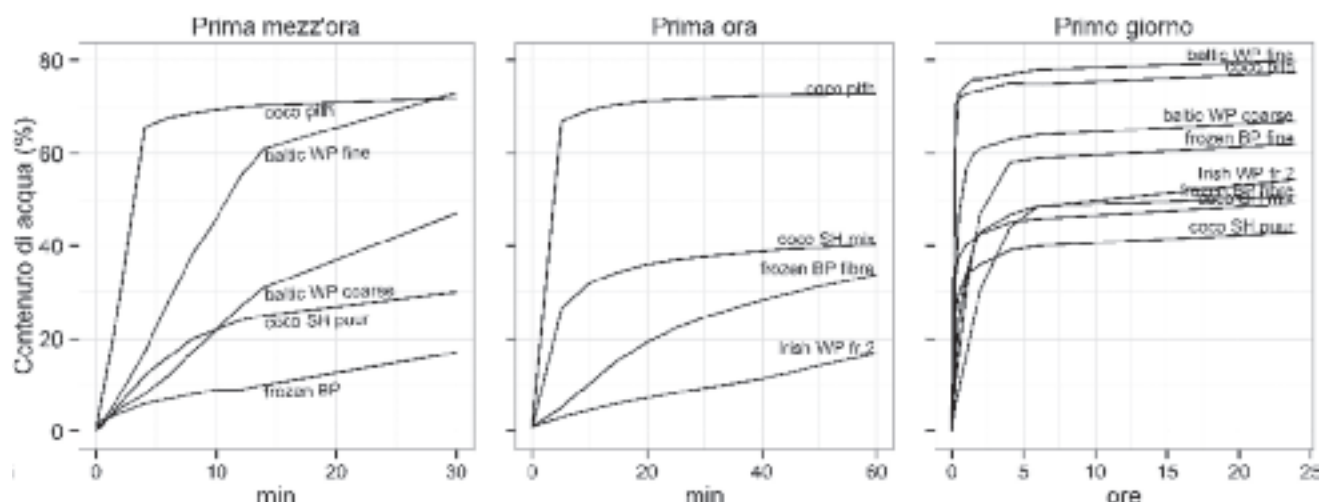


Fig. 2 - Assorbimento d'acqua di substrati di cocco (SH: gusci macinati) e torba (WP: chiara; BP: scura).  
 Fig. 2 - Water absorption of coconut (SH: shredded husks) and peat (WP: white; BP: black) substrates.

Tab. 1 - Soluzione nutritiva (SN) standard per pomodoro allevato su fibra di cocco (conduttività elettrica 1,7 dS/m; pH 5,5) con irrigazione a goccia e ricircolo, target substrato e variazioni per substrato fresco e nel corso della coltura secondo le linee guida della Norcom-Jiffy.  
 Tab. 1 - Standard nutrient solution (SN) for tomato grown on coco fiber (electrical conductivity 1.7 dS/m; pH 5.5) with drip irrigation and recirculation, substrate target and changes for fresh substrate and during crop growth according to Norcom-Jiffy guidelines.

SN, target e fasi fenologiche	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
	meq/L						
SN standard	11,8	3	3,7	0,5	6	6,4	3
<b>Target substrato</b>	<b>5,2</b>	<b>8</b>	<b>3,9</b>	<b>0,1</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>8</b>
<i>Variazioni</i>							
Substrato nuovo	-0,3	2	-1,5	-0,5	-3,5	2,5	2
Trap. - 1° palco					-1,2	0,6	0,6
Dal 1° palco							
Dal 3° palco					1	-0,5	-0,5
Dal 5° palco					3,5	-2,5	-1
Dal 10° palco					1	-0,5	-0,5
Dal 12° palco							

Tab. 2 - Soluzione nutritiva (SN) standard per zucchini allevato su fibra di cocco (conducibilità elettrica 1,5 dS/m; pH 5,5) con irrigazione a goccia e ricircolo, target substrato e variazioni per substrato fresco e nel corso della coltura secondo le linee guida della Norcom-Jiffy.  
 Tab. 2 - Standard nutrient solution (SN) for zucchini grown on coco fiber (electrical conductivity 1.5 dS/m; pH 5.5) with drip irrigation and recirculation, substrate target and changes for fresh substrate and during crop growth according to Norcom-Jiffy guidelines.

SN, target e fasi fenologiche	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
	meq/L						
SN standard	9,8	1,8	2,8	1	5,3	3,6	2,6
<b>Target substrato</b>	<b>4,1</b>	<b>7</b>	<b>2,8</b>	<b>0,1</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>6</b>
<i>Variazioni</i>							
Substrato nuovo	-1,5	2	-1,6	-1	-1,5	2	0,5
Trap. - varie settim.					-1	1	
Elevato carico frutti					1,5	-1,5	

### Monitoraggio in pomodoro a ciclo lungo

La EC e la concentrazione di K e NO<sub>3</sub> nella SN ricircolata e in quella radicale è stata molto simile nei vasi senza pianta mentre nei vasi con pianta è evidente la risposta della SN radicale alle variazioni della SN ricircolata, dimostrando la possibilità di modulare i valori secondo le linee guida della Norcom-Jiffy (fig. 3).

### Monitoraggio in pomodoro a ciclo breve con riutilizzo del substrato

La concentrazione della SN ricircolata nelle cana-

lette con riutilizzo del substrato poteva essere ridotta due settimane prima rispetto al substrato fresco, meno carico di sali, per arrivare più rapidamente ai valori target della Norcom-Jiffy (fig. 4).

### Monitoraggio in zucchini con riutilizzo del substrato

Nello zucchini è necessario usare concentrazioni più elevate rispetto al pomodoro e non è utile l'impiego della SN diluita durante l'estate (fig. 5).

### Azioni di trasferimento

Monitoraggio dell'azienda agricola "L'alveare di

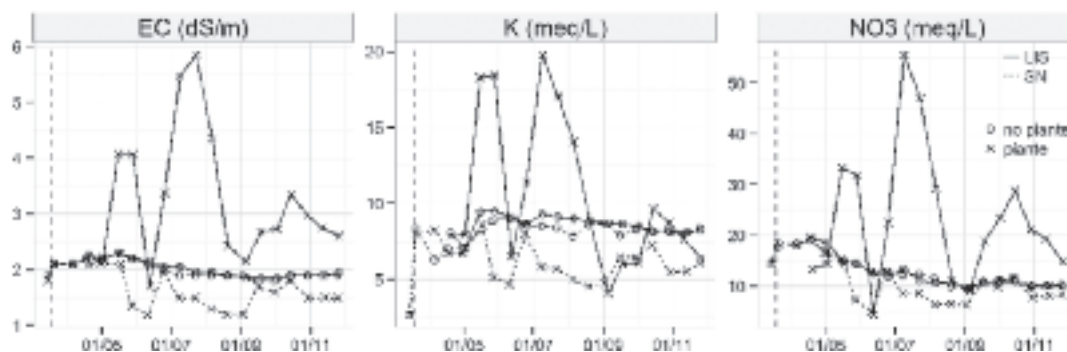


Fig. 3 - Valori di conducibilità elettrica (EC) e concentrazione di ioni K e NO<sub>3</sub> determinati dalla soluzione nutritiva (SN) circolante di coltura di pomodoro in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso e mediante lisimetri nei vasi (LIS) in confronto con una condizione senza piante.

Fig. 3 - Values of electrical conductivity (EC) and concentrations of K and NO<sub>3</sub> ions determined from the circulating nutrient solution (SN) of a closed system gutter subirrigated tomato crop and by lysimeters in pots compared with a condition without plants.

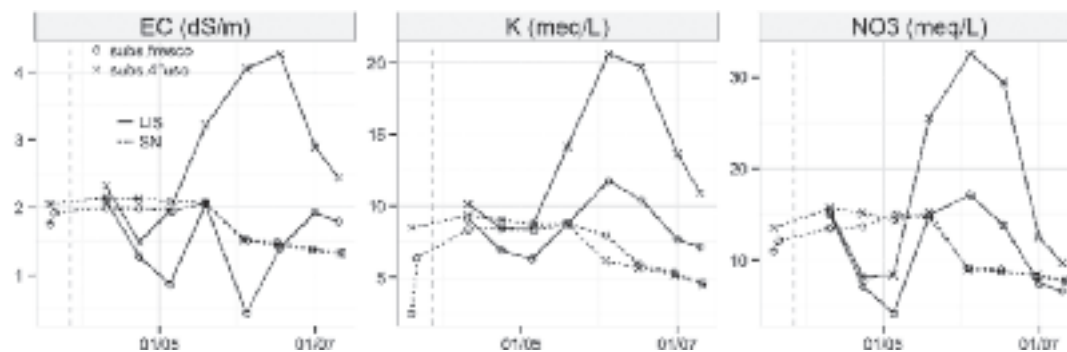


Fig. 4 - Valori di conducibilità elettrica (EC) e di concentrazione di ioni K e NO<sub>3</sub> determinati dalla soluzione nutritiva (SN) circolante di una coltura di pomodoro in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso e mediante lisimetri nei vasi (LIS) con substrato fresco e con substrato riutilizzato tre volte.

Fig. 4 - Values of electrical conductivity (EC) and concentrations of K and NO<sub>3</sub> ions determined from the circulating nutrient solution (SN) of a closed system gutter subirrigated tomato crop and by lysimeters in pots with fresh substrate and thrice reused substrate.

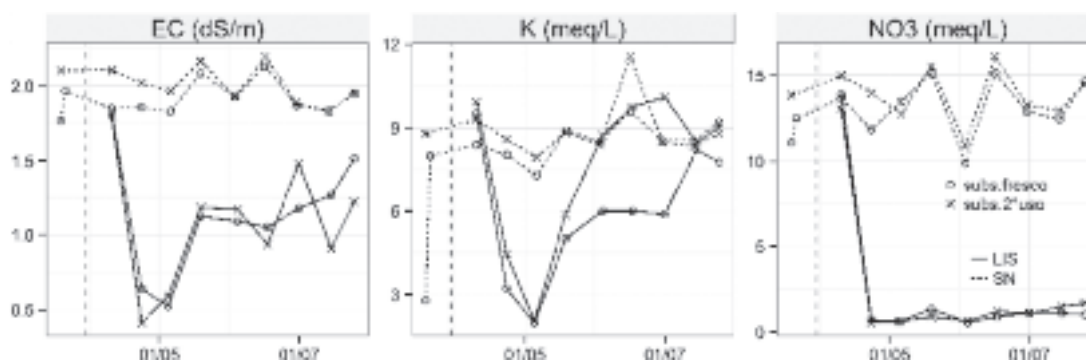


Fig. 5 - Valori di conducibilità elettrica (EC) e di concentrazione di ioni K e NO<sub>3</sub> determinati dalla soluzione nutritiva (SN) circolante in una coltura di zucchino in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso e mediante lisimetri nei vasi (LIS) con substrato fresco e con substrato riusato una volta.

Fig. 5 - Values of electrical conductivity (EC) and concentrations of K and NO<sub>3</sub> ions determined from the circulating nutrient solution (SN) of a closed system gutter subirrigated zucchinis crop and by lysimeters in pots with fresh substrate and once reused substrate.

Maria Laura” (Mariglianella, NA) che dal 2009 coltiva in subirrigazione in canaletta su 2500 m<sup>2</sup> secondo le indicazioni del CREA-ORT.

Il partner Elettra Sistemi srl ha progettato un impianto di subirrigazione in canaletta affidabile, economico, facile da gestire mediante una centralina programmabile, realizzato presso la società agricola Punzi.

Il CREA-ORT ha organizzato il convegno “La subirrigazione in canaletta. Risultati nel progetto OFRALSER e prospettive per l’orto-floricoltura” con relazioni sulla coltura senza suolo in Italia e nel mondo, sulle proprietà della fibra di cocco, sull’esperienza delle due aziende suddette.

Avviamento di una Comunità di Pratica per consentire agli interessati di mantenersi aggiornati sulla subirrigazione in canaletta.

## Conclusioni

Il monitoraggio non distruttivo della zona radicale e la modulazione della concentrazione della SN consentono di ottenere anche per il pomodoro a ciclo lungo e per substrato riutilizzato varie volte un flusso unidirezionale di acqua e nutrienti capace di soddisfare le esigenze delle piante (equilibrato rapporto *source/sink*) minimizzando l’accumulo di sali nel substrato in vaso. La subirrigazione in canaletta consente di evitare la disinfezione della SN e una gestione meno complicata della nutrizione delle piante in confronto all’irrigazione a goccia, ma in presenza di acque saline potrebbe risentire maggiormente dell’accumulo di ioni residui nel substrato. Con acque eccessivamente saline solo il sistema aperto è praticabile. La bonifica dell’acqua irrigua per osmosi inversa e la raccolta dell’acqua piovana potrebbero essere considerate se la coltivazione in sistema aperto dovesse essere vietata in Italia.

## Riassunto

Sono descritti i principi della subirrigazione in canaletta e i fattori per una coltivazione di pomodoro a ciclo lungo (9-10 mesi) in serra fredda. La fibra di cocco ha maggiore affinità per l’acqua rispetto alla torba e consente un facile monitoraggio della soluzione nutritiva radicale e la regolazione del flusso di soluzione nutritiva, minimizzando l’accumulo di sali nello strato superiore. Ciò ha consentito di riusare il substrato per quattro coltivazioni di pomodoro senza cali di produzione. Con il progetto OFRALSER è stato disegnato un impianto di subirrigazione in canaletta a basso costo e iniziata una rete di utenti.

**Parole chiave:** coltura senza suolo, sistema chiuso, substrato, impianto, pomodoro.

Lavoro svolto nell’ambito del progetto MIUR OFRALSER-PON01\_01435.

Si ringraziano i collaboratori: M. Capodilupo, M. Caramante, I. Chiancone, S. Comella, M. De Maio, C. Di Cesare, M. Farina, A. Landi, L. Santonicola e M. Stipic.

## Bibliografia

- CAPODILUPO M., VENEZIA A., 2013. *Canaletta, economica e facile*. *Culture Protette*, 2: 20-25.
- CAPODILUPO M., STIPIC M., VENEZIA A., 2015. *Soilless cultivation of cherry tomato with trough bench subirrigation system and reused substrate*. *Advances in Horticultural Science*, in stampa.
- van IERSEL M. V., KANG J. C., 2002. *Fertilization of bedding plants: constant fertilizer concentrations versus constant growing medium EC*. *Proceedings of the SNA research conference*. 47° annual report, 23-27.
- INCROCCI L., MALORGIO F., DELLA BARTOLA A., PARDOSSI A., 2006. *The influence of drip irrigation or subirrigation on tomato grown in closed-loop substrate culture with saline water*. *Scientia Horticulturae*, 107: 365-372.
- INCROCCI L., PULIZZI R., PARDOSSI A., 2009. *Problematiche inerenti l’uso di acque saline nella subirrigazione e irrigazione a goccia di specie ortofloricole*. *Giornata di studio ‘Coltivare*

- senza suolo a ciclo chiuso: subirrigazione e irrigazione a goccia', Battipaglia (SA), 23 ottobre, 1-11.
- JAMES E. C., van IERSEL M. W., 2001. *Fertilizer concentration affects growth and flowering of subirrigated Petunias and Begonias*. HortScience, 36: 40-44.
- MOLITOR H. D., 1990. *The european perspective with emphasis on subirrigation and recirculation of water and nutrients*. Acta Horticulturae, 272: 165-173.
- OTTEN W., 1994. *Dynamics of water and nutrients for potted plants induced by flooded bench fertigation: experiments and simulation*. University of Wageningen, PHD thesis, pp. 115 ISBN 905485304.
- ROUPHAEL Y., CARDARELLI M., REA E., BATTISTELLI A., COLLA G., 2006. *Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions*. Agricultural Water Management, 82: 99-117.
- SANTAMARIA P., CAMPANILE G., PARENTE A., ELIA A., 2003. *Subirrigation vs drip-irrigation: effects on yield and quality of soilless grown cherry tomato*. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 78: 290-296.
- SONNEVELD C., VOOGT W., 1990. *Response of tomatoes (Lycopersicon esculentum) to an unequal distribution of nutrients in the root environment*. Plant and Soil, 124: 251-256.
- SONNEVELD C., 2000. *Effect of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture*. University of Wageningen, PHD thesis, pp. 150 ISBN 9058081907.
- VENEZIA A., QUATTRINI E., MARTIGNON G., CASAROTTI D., ROTINO G.L., FALAVIGNA A., 1999. *Melanzana in vaso con subirrigazione*. Colture Protette, 5: 79-84.
- VENEZIA A., TONINI A., SCHIAVI M., 2001. *Subirrigazione in vaso a confronto con NFT per peperone e melanzana*. Italus Hortus, 6: 39-43.
- VENEZIA A., TONINI A., PIRO F., DI CESARE C., SCHIAVI M., 2003. *Water and Nutrient Use Efficiency of Tomato Soilless Culture as Affected by Irrigation Method and Water Quality*. Acta Horticulturae, 609: 417-421.
- VENEZIA, A., PIRO, F., TONINI, A., DI CESARE, C., 2006. *Pomodoro senza suolo con subirrigazione in canaletta*. Colture Protette, 8: 70-74.
- VOOGT W., BEERLING E., van Os E., BLOK C., van der MAAS B., 2013. *Sustainable nutrient management in soil-less culture in Dutch greenhouse horticulture*. NUTRIHORT : Nutrient management, innovative techniques and nutrient legislation in intensive horticulture for an improved water quality. Proceedings. September 16-18, Ghent, Belgium, 52-58.