

# La subirrigazione in canaletta

**Angelo PARENTE, Pietro SANTAMARIA,  
Francesco SERIO**

## **Premessa**

I sistemi senza suolo a "ciclo chiuso" consentono di risparmiare fertilizzanti e acqua e di migliorare la sostenibilità ambientale grazie alla riutilizzazione della soluzione nutritiva (SN) che, reintegrata dell'acqua e degli elementi nutritivi asportati dalle piante, viene reimpressa in circolo.

Con questi sistemi può risultare difficoltoso riutilizzare, durante l'intero ciclo colturale, la SN ricircolante a causa dei processi di asportazione selettiva da parte delle piante che ne alterano la composizione.

Nella presente nota, dopo aver illustrato il principio del sistema di coltivazione senza suolo della subirrigazione in canaletta (SUBinC), saranno descritti i componenti dell'impianto, definiti i criteri alla base della scelta del contenitore di coltivazione e del substrato e indicate alcune modalità di automazione della fertirrigazione, scelte tra quelle più semplici. Infine, verranno presentati alcuni dati di confronto tra SUBinC e altri sistemi senza suolo, anche a ciclo chiuso.

## **Principi del metodo**

La tecnica della SUBinC deriva dagli altri sistemi di subirrigazione e, in particolare, dal flusso e riflusso. In comune con questi presenta il principio di assorbimento dell'acqua e degli elementi nutritivi. La SN viene distribuita al di sotto del vaso ed è assorbita per capillarità. L'alimentazione della pianta per subirrigazione determina la creazione di un flusso unidirezionale di acqua ed elementi minerali dal basso verso l'alto. Il substrato assorbe la SN finché non raggiunge l'equilibrio. Tutto ciò che non viene assorbito torna al serbatoio di raccolta-alimentazione senza aver interagito con la SN circolante presente nel substrato (Reed, 1996). Di conseguenza non viene alterata la composizione della SN in

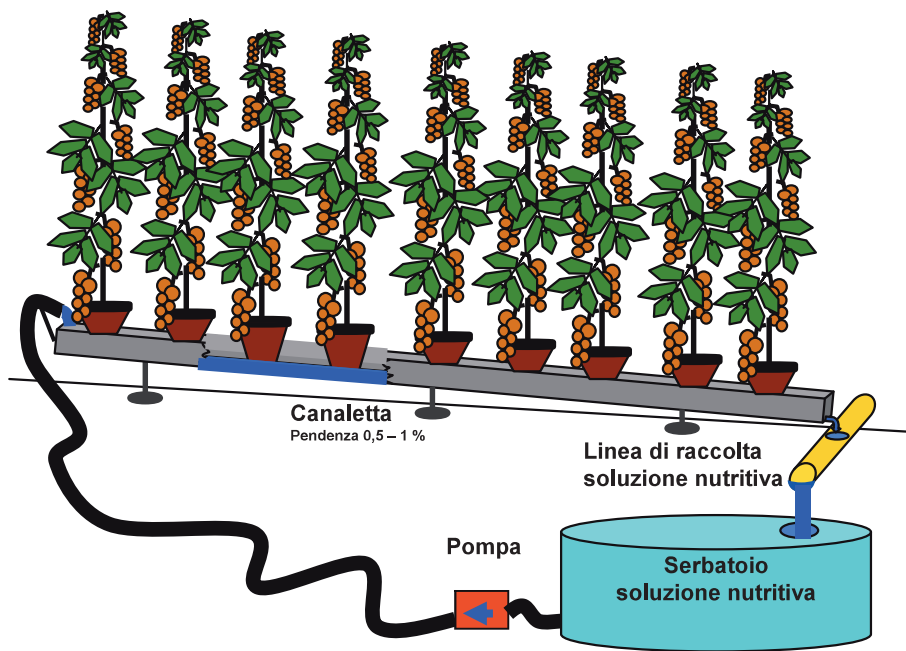
- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -

circolo, per cui il reintegro dei consumi può essere fatto semplicemente aggiungendo, alla SN residua, SN di nuova preparazione. Questo meccanismo evita di scaricare nell'ambiente SN esausta anche con cicli colturali piuttosto lunghi quali quelli del pomodoro o anche di specie floricole. Una trattazione più ampia di questo argomento è presentata in Montesano *et al.* (2007), in questo volume.

La differenza sostanziale rispetto agli altri sistemi di subirrigazione è che con la SUBinC la SN scorre all'interno di canalette.

## I componenti del sistema

Gli elementi costruttivi essenziali che differenziano la SUBinC dagli altri sistemi che prevedono la subirrigazione, sono: 1) le canalette; 2) la pompa; 3) il serbatoio; 4) il sistema di distribuzione della SN (figura 1).



**Figura 1- Rappresentazione schematica dei principali componenti del sistema 'subirrigazione in canaletta'.**

### **Canalette**

Rappresentano l'elemento più caratterizzante del sistema. Le canalette devono essere di larghezza idonea ad accogliere i vasi di coltivazione. È importante curare la perfetta e omogenea pendenza per favorire il rapido e totale deflusso della SN per gravità ed evitare ristagni idrici. Il completo asciugamento del fondo della canaletta tra un intervento irriguo e il successivo evita la fuoriuscita delle radici dal vaso e garantisce il corretto funzionamento del sistema. Le pendenze più opportune variano tra 0,5 e 1%. La lunghezza dipende soprattutto dalle dimensioni della serra. Con la SUBinC non sussistono i vincoli determinati dalla possibile carenza di ossigeno nella SN che, ad esempio, limitano la lunghezza dei moduli nell'NFT. Con la SUBinC, infatti, l'erogazione della SN non è continua e l'apporto di ossigeno alle radici è garantito dalla capacità per l'aria del substrato. L'unico limite può derivare dal dislivello che si instaura tra l'inizio e la fine della canaletta, soprattutto quando non si sfrutta la naturale pendenza del terreno. Considerando un piano d'appoggio orizzontale, infatti, una canaletta lunga 50 m con pendenza dell'1% determina il dislivello di 50 cm.

I materiali di costruzione possono essere vari: alluminio, ferro zincato, acciaio e polipropilene (in quest'ultimo caso necessitano di sostegni rigidi per tutta la lunghezza - foto 1).

È bene che le canalette siano rivestite con un foglio di polietilene per evitare il contatto diretto della SN con la canaletta e quindi il possibile rilascio di sostanze nella SN. All'interno della canaletta l'altezza della lama d'acqua non deve essere eccessiva, sia per evitare scambi tra SN circolante all'interno del vaso e SN che scorre, sia per ridurre i volumi in gioco. È sufficiente considerare, a questo proposito, che una canaletta lunga 15 m, larga 22 cm con lama d'acqua di 3 cm contiene 100 L di SN in movimento, con il sistema a regime, mentre con altezza della lama di 1 cm il volume di SN in gioco è pari a 33 L. Al tempo stesso l'altezza non deve essere eccessivamente ridotta perché ne sarebbe ostacolata la bagnatura del substrato. Indicativamente è opportuno che sia compresa tra 1 e 2 cm (Santamaria e Serio, 2001).

### **Serbatoio**

È necessario per la raccolta della SN dalle canalette e per il suo stoccaggio tra un intervento irriguo e l'altro. È installato ad una quota inferiore rispetto al piano delle canalette, in alcuni casi anche al di sotto del piano di campagna. È opportuno che abbia dimensioni tali da garantire una quantità di SN pari a 3-4 L/pianta.

- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -

### **Pompa**

Posta nel punto più a valle, serve a immettere a monte della canaletta la SN. La portata va dimensionata in modo da garantire, all'interno delle canalette, un flusso di SN di 1-2 L/min.



**Foto 1 - Supporti in legno, che garantiscono la necessaria rigidità alle canalette in polipropilene, e sistema di sostegno regolabile in altezza (e lateralmente) per impostare le pendenze desiderate.**

### **Sistema di distribuzione**

E' costituito da tubi di vario diametro, valvole di arresto e di mandata, collettori, elettrovalvole, ecc., necessari per la distribuzione e raccolta della SN.

## **La scelta del vaso**

La principale caratteristica che condiziona le proprietà fisiche del substrato (porosità, rapporti aria/acqua) e il volume totale a disposizione delle radici è la dimensione del vaso. In particolare, la porosità (e quindi l'aerazione del substrato) può rappresentare un

elemento di criticità in quanto si riduce nel corso del ciclo colturale per effetto del riassetamento reciproco delle particelle solide all'interno del vaso e dell'accrescimento delle radici che occupano parte della porosità inizialmente disponibile (Gruda e Schnitzler, 2004). La dimensione più opportuna va scelta anche in funzione della specie e, quindi, della durata del ciclo colturale.

Va da sé, inoltre, che le dimensioni del vaso devono essere commisurate a quelle della canaletta. Vasi di diametro pari alla larghezza della canaletta, ad esempio, impediscono il corretto deflusso della SN all'interno dei moduli di coltivazione. Al contrario, vasi di dimensioni troppo ridotte, rispetto al lume della canaletta, potrebbero comportare difficoltà di bagnatura per la possibile creazione di percorsi preferenziali della SN.

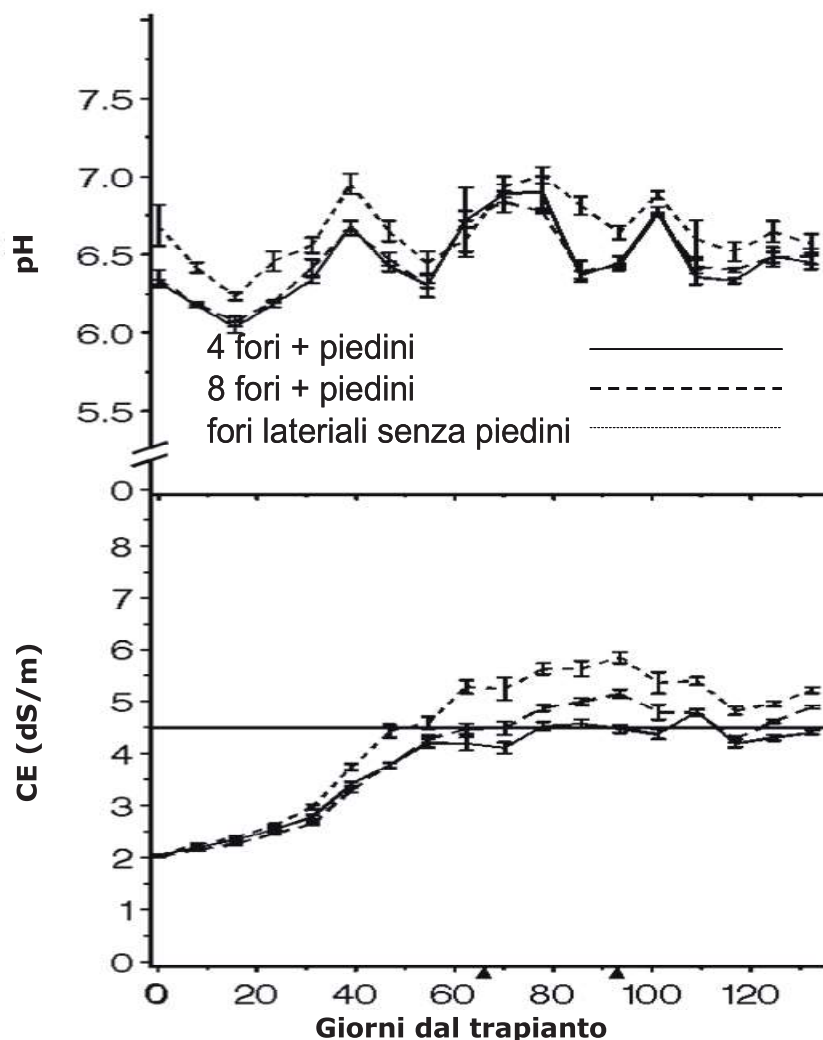
In linea del tutto generale, è opportuno orientarsi verso vasi di dimensioni medio-grandi (6-10 L) preferendo, ovviamente, le maggiori dimensioni per specie con ampio apparato radicale e con cicli colturali piuttosto lunghi. Vasi di dimensioni molto piccole, infatti, potrebbero originare problemi per un basso volano idrico e per l'insorgenza di fenomeni di salinizzazione dell'ambiente radicale. Raddoppiando il volume di substrato a disposizione delle piante (da 3,2 a 6,4 L), Incrocci *et al.* (2006) hanno annullato gli effetti negativi dovuti all'accumulo di sali nel substrato di coltivazione sulla crescita di piante di pomodoro allevate con la SUBinC. A parità di substrato, con l'aumentare delle dimensioni del vaso, inoltre, non cambia la percentuale di materiale solido ma aumenta il rapporto tra pori pieni d'aria e pori pieni d'acqua all'interno del vaso (Fonteno, 1996).

Un altro aspetto da considerare nella scelta del vaso riguarda la presenza o meno di piedini e la loro altezza. Nella figura 2 è possibile notare che, a parità di volume e tipologia di substrato, con vasi dotati di piedini (quindi leggermente sollevati dal fondo della canaletta, in cui il contatto con la SN avviene solo attraverso i fori posti alla base del vaso) l'aumento della CE e la variazione del pH della SN ricircolante è minore rispetto ai vasi senza piedini, che poggiano, invece, direttamente sul fondo della canaletta e in cui il contatto con la SN avviene lateralmente.

In quest'ultimo caso si verifica lo scambio tra SN in circolo e SN già presente all'interno del vaso. Con questa tipologia di vasi, per motivi costruttivi, si accumula sempre un certo volume di SN sul fondo del vaso.

A parità di flusso di SN, i vasi senza piedini sono a contatto con una maggiore quantità di SN che entra nel vaso e va a sostituire quella presente alla base (Santamaria *et al.*, 2003).

- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -



**Figura 2 – Modifica della conducibilità elettrica (CE) e del pH della soluzione nutritiva ricircolante in funzione della tipologia di vaso (presenza e numero di piedini). Le barre verticali rappresentano  $\pm$  ES delle medie (n=3) (da Santamaria *et al.*, 2003).**

Quest'ultima si presenterà necessariamente modificata, nei rapporti e nelle quantità degli elementi nutritivi, essendo stata a contatto per tempi relativamente lunghi e, quindi, sottoposta all'assorbimento preferenziale da parte delle radici della pianta. Il modo per ovviare a tale inconveniente consiste nella corretta

definizione dei parametri irrigui, cioè della frequenza e della durata dell'irrigazione. La tipologia con piedini, pur modificando meno la SN, presenta l'inconveniente di creare un microclima favorevole alla fuoriuscita delle radici tra fondo del vaso e canaletta (Elia *et al.*, 2003). Anche in questo caso, il contatto diretto delle radici con la SN circolante modifica fortemente la composizione della SN. Inoltre, la presenza di piedini comporta la necessità di ricorrere ad altezze maggiori della lama d'acqua all'interno delle canalette. Va anche considerato che la presenza di radici nel lume della canaletta, determinando il contatto diretto con la SN, può indurre una maggiore incidenza di malattie tipiche dei sistemi senza suolo, in particolar modo dovute a *Pythium* e *Phytophthora* spp. (Stanghellini *et al.*, 2000) e quindi la necessità di ricorrere a sistemi di disinfezione della SN (Minuto *et al.*, 2005). Nella prova citata, per ovviare agli inconvenienti descritti, le radici che fuoriuscivano dal vaso venivano periodicamente rimosse (Elia *et al.*, 2003). Nessuna influenza sembra aver avuto, invece, il diverso numero di fori presenti sul fondo del vaso.

## **La scelta del substrato**

Rappresenta l'altro elemento essenziale della SUBinC. La conoscenza, oltre che delle caratteristiche chimiche (pH, CE, elementi scambiabili, ecc.), delle proprietà idriche del substrato di coltivazione risulta fondamentale con questo sistema. Per garantire l'apporto di acqua ed elementi nutritivi il substrato deve presentare una sufficiente capacità di reimpibizione e una buona capacità di ritenzione idrica, ottima risalita capillare e, infine, una buona aerazione (elevata capacità per l'aria). Queste condizioni sono garantite dalla distribuzione di "pori capillari" (con diametro minore di 0,3 mm) e "pori non capillari" (con diametro maggiore di 0,3 mm) all'interno del substrato. I primi sono in grado di trattenerne acqua per capillarità; i secondi sono preposti alla aerazione delle radici (Montesano *et al.*, 2004). La corretta proporzione tra queste due tipologie di pori, e quindi la buona aerazione, è da tenere in debita considerazione con questo sistema di irrigazione data la distribuzione soprattutto basale delle radici all'interno del vaso e considerando che il substrato raggiunge condizioni idriche vicine alla saturazione proprio nella parte basale.

Di qui l'importanza di definire rapidamente almeno le principali caratteristiche fisiche del substrato, soprattutto nel caso di substrati organici in quanto possono verificarsi differenze strutturali nel tempo, ad esempio con le diverse forniture del

materiale. Del resto, la crescita delle piante coltivate in contenitore sembra essere condizionata più dalla capacità del contenitore che dalla tensione al di sopra della quale viene erogata l'acqua (Karlovitch e Fonteno, 1986). Nella tabella 1 sono riportate alcune caratteristiche di quattro substrati determinate con il 'metodo del vaso', che tiene conto del tipo di contenitore (Niedzela e Nelson, 1992). Si tratta di un metodo, facilmente applicabile anche in azienda senza particolari attrezzature, che consente di determinare alcune caratteristiche idrauliche di un substrato in funzione del tipo di contenitore (Montesano *et al.*, 2004).

**Tabella 1 – Principali caratteristiche fisiche di quattro substrati determinate con il 'metodo del vaso'.**

<b>Substrato</b>	<b>Densità apparente (g/L)</b>	<b>Porosità</b>	<b>Capacità per l'aria (%)</b>	<b>Capacità del contenitore</b>
Perlite	166 c	57,8 b	32,8 a	25 d
Pomice	488 a	64,9 ab	28,9 a	36 c
Torba bionda	170 c	60,8 b	16,8 b	44 b
Torba scura	332 b	69,7 a	9,7 c	60 a

(1) Lettere diverse all'interno della stessa colonna indicano differenze statisticamente significative per  $P = 0,05$ .

I dati riportati in tabella 1 dimostrano che la capacità per l'aria (cioè la quantità di aria presente nel substrato dopo che è stato saturato e lasciato sgrondare) della torba è molto bassa mentre risulta elevata la capacità del contenitore (cioè la quantità massima di acqua che il substrato può trattenere). Ciò indica che la torba tende a mantenere satura d'acqua un'elevata percentuale della sua porosità. Questo dato evidenzia il rischio che si corre utilizzando la torba da sola, soprattutto quella scura, in vasi di dimensioni elevate (10 L): in queste condizioni può verificarsi asfissia radicale. Per ovviare a ciò è necessario mescolare, in opportune proporzioni, questa tipologia di torba con materiali che presentino caratteristiche fisiche opposte. Ad esempio, il miscuglio perlite:torba (3:1 v/v) fornisce buoni risultati nella coltivazione di pomodoro in subirrigazione, garantendo l'ottimale rifornimento di acqua alle piante anche durante le ore più calde della giornata.

Differenze produttive notevoli possono derivare dal differente comportamento nei confronti di capacità per l'aria e capacità per l'acqua che i diversi materiali possono presentare e che vanno rapportate al sistema di distribuzione della SN adottato (Lenzi *et al.*, 2000). Al variare delle caratteristiche idrologiche, infatti, e



soprattutto della ritenzione idrica, varia la frequenza di distribuzione dell'acqua e quindi varia anche la quantità di acqua che viene distribuita nel corso del singolo intervento irriguo e giornalmente (Rouphael *et al.*, 2004).

## **L'automazione dell'intervento irriguo**

La composizione della SN può variare anche in rapporto al regime irriguo adottato, cioè alla durata e alla frequenza con cui la SN viene distribuita. Un modo empirico per definire queste variabili deriva dall'osservazione dell'umidità degli strati più superficiali del substrato: come regola generale si può considerare che lo strato più superficiale a contatto con l'aria deve risultare quasi asciutto mentre immediatamente al di sotto il materiale deve presentarsi umido. In tal modo si evita anche di creare, in corrispondenza del colletto delle piante, un microclima favorevole all'insediamento di patogeni.

L'automazione dell'intervento irriguo può essere realizzata in modo estremamente semplificato ricorrendo all'utilizzazione di semplici temporizzatori. Si tratta di un sistema di "automazione" dell'intervento irriguo economico ma che non tiene conto delle esigenze della pianta e delle condizioni ambientali, con una conseguente cattiva gestione dell'acqua di irrigazione (Bacci e Checcacci, 2004).

Un sistema, invece, che pur rimanendo relativamente economico consente di erogare l'acqua in funzione delle esigenze della pianta e della richiesta evapotraspirativa dell'ambiente in modo anche completamente automatico, è il tensiometro strumento con cui si misura la tensione dell'acqua nel substrato (foto 2). Come indicazione di massima, nelle colture senza suolo in vaso l'irrigazione dovrebbe incominciare quando la tensione misurata nel substrato è prossima a -50 hPa e terminare quando si approssima a -10 hPa (Parente e Santamaria, 2003). In questo intervallo l'acqua è "facilmente disponibile" e si evitano, quindi, stress idrici alle piante.

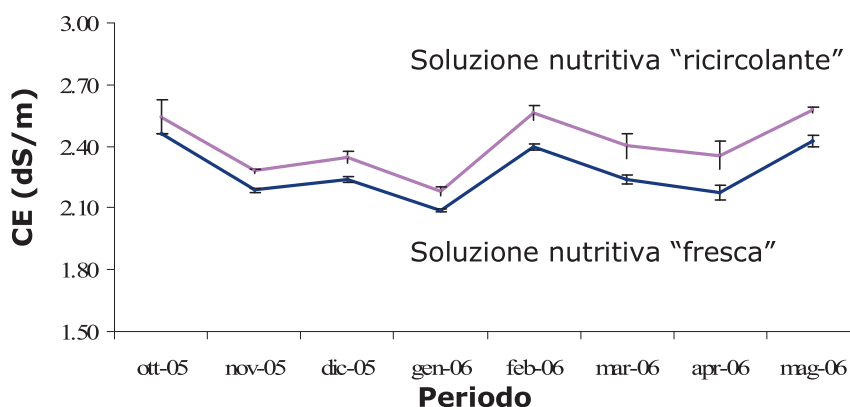
Se le variabili irrigue vengono impostate correttamente, considerando, oltre che le esigenze delle piante, anche le caratteristiche del substrato è possibile ridurre al minimo le modifiche della SN. In una prova su pomodoro 'Naomi' coltivato con la SUBinC con vasi da 10 L riempiti con il miscuglio perlite:torba 3:1 (v/v) e impostando la tensione di 90 hPa, la CE della SN ricircolante è risultata simile a quella della SN di nuova preparazione per oltre 200 giorni (fig. 3).

- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -



**Foto 2 – Particolare di un tensiometro inserito in un vaso e dotato di sistema per l'automazione dell'intervento irriguo (tensioswitch).**

- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -



**Figura 3 - Variazione della conducibilità elettrica (CE) della soluzione nutritiva ricircolante e di quella di nuova preparazione per la coltivazione di pomodoro (cv. Naomi) utilizzando la tecnica della subirrigazione in canaletta gestita in automatico con un tensiometro (*set point* = 90 hPa). Le barre verticali rappresentano  $\pm$  ES delle medie (n=3).**

Quanto minore è il valore del potenziale matriciale della SN nel substrato (e quindi quanto maggiori sono gli interventi fertirrigui) tanto maggiore è la probabilità che la composizione della SN risulti modificata (fig. 4).

È importante considerare che, con questo sistema, il tensiometro va inserito preferibilmente in corrispondenza della metà inferiore del vaso (ma non in prossimità del fondo del vaso), dove si concentrano la maggior parte delle radici.

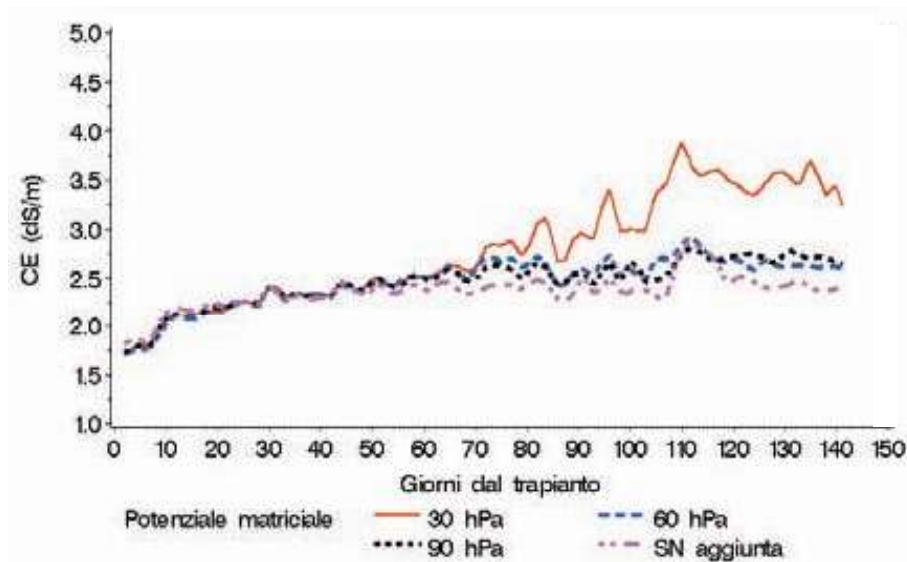
### **Confronto con altri sistemi senza suolo**

La SUBinC è un sistema senza suolo utilizzato soprattutto per la coltivazione di piante ornamentali o da fiore reciso.

Diverse esperienze riportano, infatti, l'applicazione della SUBinC per la coltivazione di ficus, gerbera, poinsettia, impatiens e geranio, solo per citare alcuni casi (Cox, 2001; Venezia *et al.*, 1999).

Negli ultimi anni l'utilizzazione sta interessando anche la coltivazione di specie orticole, in quanto ai vantaggi tipici del sistema si aggiunge la possibilità di migliorare le caratteristiche

qualitative dei prodotti e di aumentare il risparmio di SN e, quindi, di acqua ed elementi nutritivi rispetto ad altre tecniche di coltivazione senza suolo, anche a ciclo chiuso.



**Figura 4 – Variazione della conducibilità elettrica (CE) della soluzione nutritiva di nuova preparazione e ricircolante in un sistema di coltivazione di subirrigazione in canaletta per la produzione di pomodoro (cv. Kabiria) in funzione del potenziale metriciale nel substrato (Mininni, 2007).**

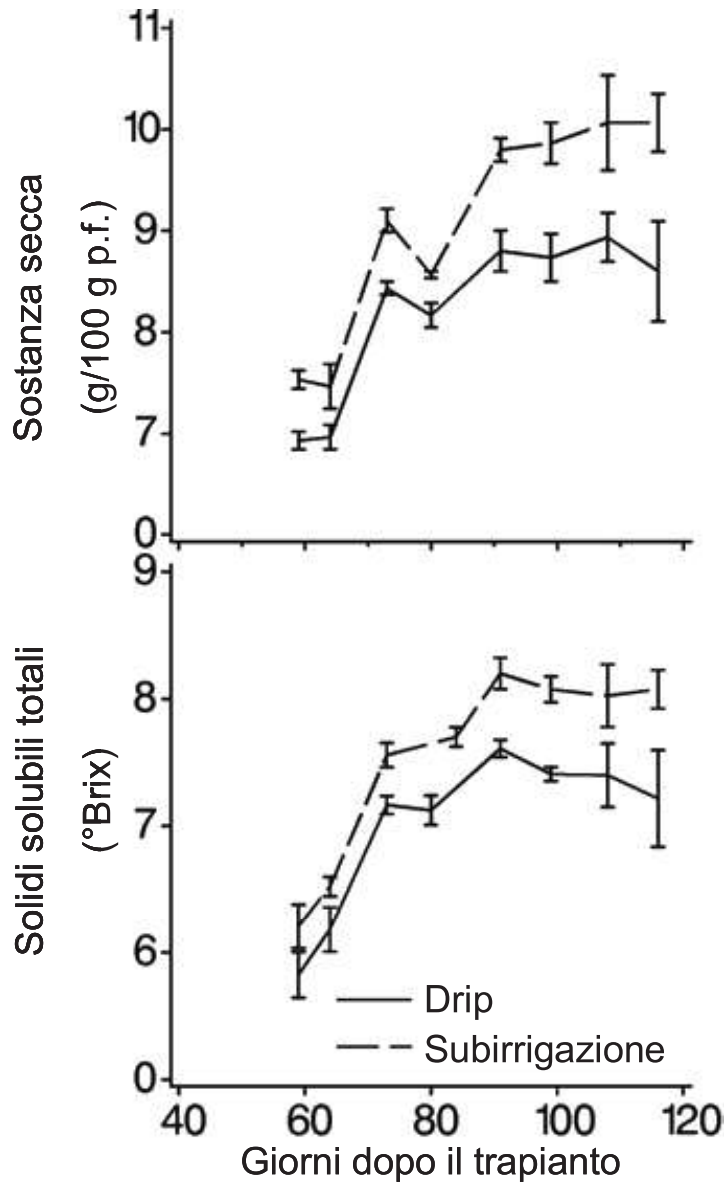
In particolare il sistema è stato utilizzato per la coltivazione di melanzana e peperone (Venezia *et al.*, 2001), zucchini (Rouphael e Colla, 2005) e pomodoro (Santamaria *et al.*, 2003).

Uno dei risultati più interessanti della SUBinC riguarda gli aspetti legati alla qualità dei frutti ottenuti dalle piante allevate con questo sistema quando viene posto a confronto con i sistemi tradizionali a ciclo aperto.

In una ricerca di Santamaria *et al.* (2003) è emerso che la qualità dei frutti di pomodoro ciliegino (cv. Naomi) ottenuti dalle piante coltivate con la tecnica della SUBinC è migliore di quella delle bacche ottenute con il sistema tradizionale che prevede la distribuzione della SN dall'alto, per l'incremento di sostanza secca e solidi solubili (tab. 2).

Tale incremento è risultato più elevato nella fase finale del ciclo colturale (fig. 5).

- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -



**Figura 5 - Influenza del sistema di distribuzione della soluzione nutritiva su sostanza secca e solidi solubili dei frutti di pomodoro (cv Naomi) in diversi momenti del ciclo culturale. Le barre verticali rappresentano  $\pm$  ES delle medie (n=3) (da Santamaria *et al.*, 2003).**

- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -

**Tabella 2 - Influenza del sistema di distribuzione della soluzione nutritiva sulla produzione di 'Naomi' (Santamaria *et al.*, 2003).**

Distribuzione soluzione nutritiva	Produzione totale (kg/pianta)	Frutti		Solidi solubili (°Brix)	Sostanza secca (g/kg)
		n.	Peso medio (g)		
Dall'alto	2,4	108	21	7,1	0,82
Subirrigazione	2,0	104	19	8,2	0,91
<i>Significatività</i> <sup>(1)</sup>	**	n.s.	*	***	***

<sup>(1)</sup> Significatività dell'F: n.s., \*, \*\*, \*\*\*, rispettivamente, non significativo e significativo per P<0,05, 0,01 e 0,001.

Risultati simili sono stati ottenuti su 'Diana', cultivar classificabile nella categoria commerciale del pomodoro insalatario, caratterizzato da pezzatura media dei frutti di 120-140 g, utilizzando il suddetto dispositivo sperimentale. Più in particolare, in quest'ultima ricerca, oltre al più elevato contenuto di sostanza secca e solidi solubili totali (tab. 3), è emersa una più elevata concentrazione vitamina C, acidità titolabile, fruttosio e calcio, parametri importanti dal punto di vista nutrizionale e salutistico (Mininni, 2007).

**Tabella 3 - Influenza del sistema di distribuzione della soluzione nutritiva sulla produzione di 'Diana' (Mininni, 2007).**

Distribuzione soluzione nutritiva	Produzione totale (kg/pianta)	Frutti		Solidi solubili (°Brix)	Sostanza secca (g/100 g p.f.)
		n.	Peso medio (g)		
Dall'alto	4,1	30	134	4,9	6,5
Subirrigazione	3,3	28	112	5,6	6,8
<i>Significatività</i> <sup>(1)</sup>	***	n.s.	***	*	*

<sup>(1)</sup> Significatività dell'F: n.s., \*, \*\*\*, rispettivamente, non significativo e significativo per P<0,05 e 0,001.

Sotto il profilo qualitativo quindi la risposta del pomodoro alla subirrigazione è assimilabile alla risposta che le piante forniscono in presenza di elevata CE della SN o per stress idrici come

evidenziato da numerose ricerche condotte sull'argomento (Adams, 1991; Santamaria *et al.*, 2004; Serio *et al.*, 2006).

Accanto al risvolto positivo sulla qualità, occorre segnalare la decurtazione di produzione, maggiore nell'insalatario che nel ciliegino, indotta, in entrambi i casi, essenzialmente dalla riduzione di dimensioni dei frutti (tab. 2 e 3).

Questi risultati possono essere riconducibili ad un leggero stato di stress idrico che affrontano le piante subirrigate rispetto alle piante in cui l'irrigazione viene effettuata dall'alto: la disponibilità idrica, in valore assoluto all'interno del vaso, è maggiore nel quando la SN viene distribuita dall'alto, perché l'irrigazione interessa tutto il substrato e le radici sono diffuse mediamente in tutto il vaso, mentre nel secondo caso solo la parte basale è colonizzata dall'apparato radicale.

Con la SUBinC si possono realizzare notevoli economie di acqua. Infatti, con densità di 2,1 piante/m<sup>2</sup> di pomodoro e un ciclo colturale di 120 giorni, con il ciclo aperto sono stati consumati quasi 2.500 m<sup>3</sup>/ha di acqua mentre con la SUBinC 1.770 m<sup>3</sup>/ha (Santamaria *et al.*, 2003). Anche Incrocci *et al.* (2006), confrontando la SUBinC con la distribuzione della SN dall'alto, quest'ultimo sistema realizzato però a ciclo chiuso discontinuo, hanno registrato minori consumi e una maggiore efficienza d'uso dell'acqua con la SUBinC. I maggiori consumi di SN che si osservano nel sistema in cui la distribuzione della SN avviene dall'alto, nonostante il ricircolo della SN, sono dovuti alla necessità di effettuare un numero elevato di sostituzioni della SN durante il ciclo colturale a causa dell'innalzamento della CE e dell'accumulo di ioni non assorbiti dalle piante.

Anche confrontando la SUBinC con altri sistemi a ciclo chiuso, e in particolare con l'NFT (Nutrient Film Technique), i risultati produttivi ottenuti risultano interessanti. Ad esempio, la produzione di pomodoro 'Kabiria' (tipologia insalatario) non è risultata influenzata: con entrambi i sistemi le piante hanno prodotto circa 1,5 kg/pianta di bacche commerciabili (tab. 4).

Anche qui, come nel caso precedente, con la SUBinC le bacche sono risultate più piccole (Santamaria *et al.*, 2005). Quest'ultimo aspetto però può non essere uno svantaggio ma un ulteriore indice di "qualità" del prodotto, soprattutto per quelle tipologie di pomodoro di cui il consumatore apprezza le piccole dimensioni, difficili da realizzare con altri sistemi di coltivazione. Anche in questo caso, come nel precedente, la SUBinC ha consentito di risparmiare quasi il 17% di acqua e di aumentare l'efficienza d'uso dell'acqua: per produrre 1 kg di bacche sono stati utilizzati 32 L di acqua con la SUBinC e 38 con l'NFT (tab. 5).

- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -

**Tabella 4 – Produzione di pomodoro (cv. Kabiria) coltivato con la subirrigazione in canaletta (SUBinC) e in NFT.**

Sistema	Totale	Commerciale	Peso frutti
	(kg/pianta)		(g)
NFT	1,7	1,6	43
SUBinC	1,7	1,5	40
<i>Significatività</i> <sup>(1)</sup>	ns	ns	*

<sup>(1)</sup> Significatività dell’F: n.s. e \*, rispettivamente, non significativo e significativa per P<0,05.

Un altro aspetto che sta alla base dell’interesse nei confronti della SUBinC riguarda la semplicità con cui è possibile gestire la SN. Mentre con altri sistemi senza suolo la SN che fuoriesce dal vaso (drip) o quella ricircolante (NFT) si modifica rispetto alla SN ‘fresca’, sia nella concentrazione che nei rapporti molari tra i nutrienti, in conseguenza dell’assorbimento selettivo messo in atto dalle radici delle piante, nel caso della SUBinC. Proprio per i meccanismi di risalita capillare descritti, la SN ricircolante si modifica molto poco. In pratica, l’incremento di CE che dovrebbe verificarsi nella SN ricircolante avviene all’interno del vaso, e in particolare nel terzo superiore del substrato (Serio *et al.*, 2001; Santamaria *et al.*, 2003). L’eventuale innalzamento di CE nella SN ricircolante può essere associato all’evaporazione dell’acqua durante il passaggio della SN nelle canalette. Per questo, è sempre opportuno predisporre dei teli per ricoprire il lume della canaletta, in modo da rallentare tale fenomeno, evitando però che la canaletta resti bagnata tra un intervento fertirriguo e l’altro.

**Tabella 5 - Consumo ed efficienza d’uso dell’acqua (WUE) del pomodoro (cv. Kabiria) coltivato con la subirrigazione in canaletta SUNinC e in NFT.**

Sistema	Consumo (L/pianta)	WUE (g/L)
NFT	65	26
SUBinC	54	31
<i>Significatività</i> <sup>(1)</sup>	*	**

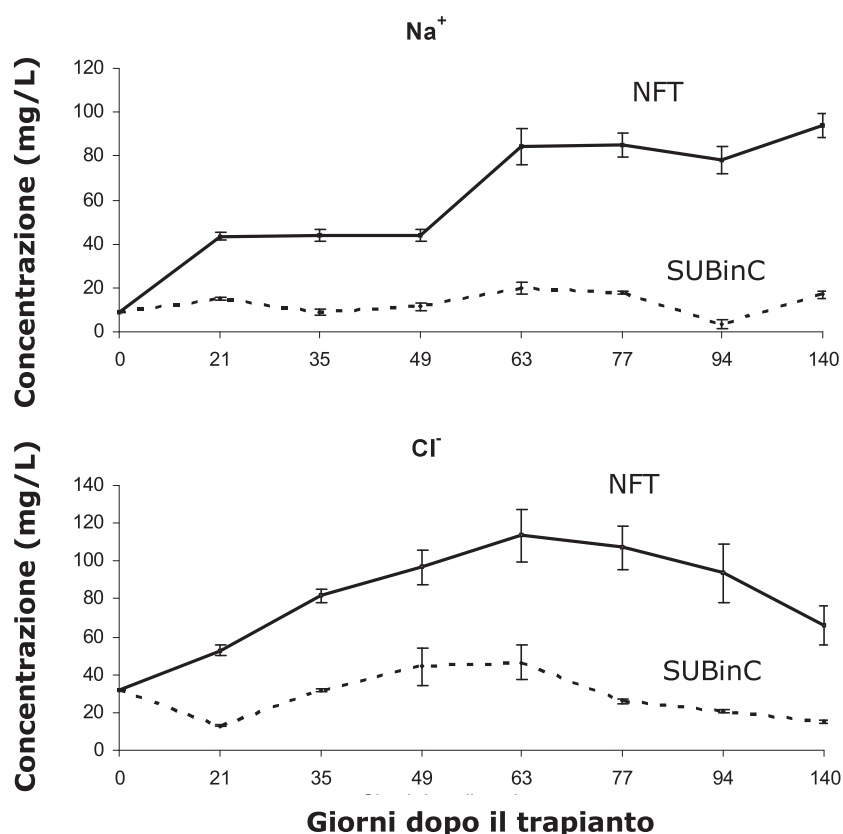
<sup>(1)</sup> Significatività dell’F: \* e \*\*, rispettivamente, P<0,05 e 0,01.

Se consideriamo l’andamento della concentrazione di due ioni poco assorbiti dalle piante, quali il sodio e il cloro (che quindi



- I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso -

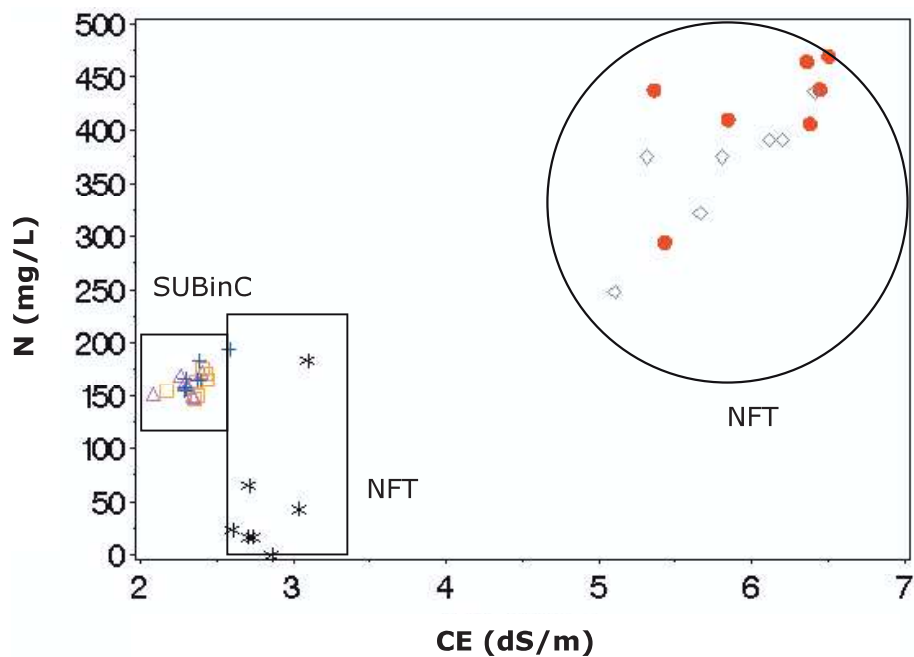
tendono per motivi fisiologici ad accumularsi nella SN), è possibile notare che nel caso della SUBInC la concentrazione di questi due ioni nella SN ricircolante rimane pressoché costante nel corso del ciclo colturale e vicina a quella della SN 'fresca'. Con l'NFT, invece, i due ioni tendono ad accumularsi ed è possibile controllare la CE della SN soltanto diluendo la SN che si aggiunge (fig. 6).



**Figura 6 - Variazione della concentrazione di Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nella soluzione nutritiva ricircolante nella subirrigazione in canaletta (SUBInC) e nell'NFT. Le barre verticali rappresentano ± ES delle medie (n=3).**

Tutto ciò comporta una diversa modalità di gestione della SN: con la SUBInC è possibile reintegrare i consumi determinati dall'evapotraspirazione semplicemente con SN di nuova preparazione; con il secondo sistema è necessario ricorrere ad analisi chimiche della SN per individuare le concentrazioni degli ioni nella SN ricircolante e compensarle fino a quando non si

supera la soglia di fitotossicità, oltre la quale è necessario sostituire la SN. La stabilità della composizione della SN nella SUBinC e la variabilità della concentrazione dei nutrienti della SN ricircolante in un sistema NFT sono illustrate in un caso studio riportato in figura 7.



**Figura 7 – Concentrazione dell’azoto e conducibilità elettrica (CE) della soluzione nutritiva in due sistemi di coltivazione senza suolo a ciclo chiuso: la subirrigazione in canaletta (SUBinC) e l’NFT. I punti rappresentati provengono da una prova sperimentale con due cultivar di pomodoro, due tensioni dell’acqua o due CE della soluzione nutritiva. Nella SUBinC, a prescindere dalla tensione e dalla cultivar di pomodoro presa in esame, i valori sono concentrati in un intervallo molto piccolo; nell’NFT i valori si distribuiscono in intervalli più ampi con valori bassi o alti a seconda della forza della soluzione nutritiva.**

L’accumulo di sali nello strato più superficiale del substrato potrebbe creare problemi soprattutto nel caso di riutilizzo del substrato, con lo stress salino sulle piantine appena trapiantate. Al tempo stesso, nello strato inferiore la CE è simile a quella della SN

lasciando intravedere la possibilità di utilizzare, con questo sistema, anche acque moderatamente saline (Elia *et al.*, 2003).

## **Conclusioni**

I vantaggi che hanno stimolato l'interesse nei confronti di questa tecnica senza suolo sono numerosi. Oltre al risparmio di acqua e fertilizzanti e, quindi, al minor impatto ambientale, va considerata soprattutto la semplicità di gestione della SN. La possibilità di reintegrare i consumi aggiungendo semplicemente SN di nuova preparazione ('fresca'), senza la necessità di ricorrere ad analisi costose, ma monitorando parametri molto semplici quali il pH e la CE, rende la tecnica alla portata di qualunque azienda agricola che intenda convertire i propri impianti di coltivazione senza suolo verso il ciclo chiuso, anche con l'obiettivo di innalzare l'ecocompatibilità della tecnica rendendola più "rispettosa" dell'ambiente. Non vanno però trascurati alcuni aspetti problematici della tecnica. In particolare, la difficoltà di riutilizzare il substrato a causa dell'accumulo di sali nello strato più superficiale.

## **Bibliografia**

- Adams P., 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *J. Hort. Sci.*, 66, 201-207.
- Bacci L., Checcacci E., 2004. Il pilotaggio dell'irrigazione nelle colture florovivaistiche. In: Pardossi A., Incrocci L., Marzalletti P., *Uso razionale delle risorse nel florovivaismo (III): l'acqua (Manuale IDRI)*. ARSIA (Serie quaderni) Regione Toscana, Firenze, 147-155.
- Cox D.A., 2001. Growth, nutrient content, and growth medium electrical conductivity of poinsettia irrigated by subirrigation or from overhead. *J. Plant Nutr.*, 24, 523-533.
- Cuartero J., Fernandez-Munoz R., 1999. Tomato and salinity. *Scientia Hort.*, 78, 83-125.
- Elia A., Parente A., Serio F., Santamaria P., 2003. Some aspects of the trough bench system and its performance in cherry tomato production. *Acta Hort.*, 614, 161-166.

- Fonteno W.C., 1996. Growing media: types and physical/chemical properties. In: Water, media and nutrition for greenhouse crops (Ed. D.W. Reed), Ball Publishing Book, Batavia, USA, 93-122.
- Gruda N., Schnitzler W.H., 2004. Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants. I. Physical properties of wood fiber substrates. *Sci. Hortic.*, 100, 309-322.
- 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. *Sci. Hortic.*, 107, 365-372.
- Karlovitch P.T., Fonteno W.C., 1986. Effect of soil moisture tension and soil water content on the growth of chrysanthemum in 3 container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111, 191-195.
- Lenzi A., Rinaldi M., Biocca M., Maletta M., Pergola G., 1998. Substrati e volumi di fertirrigazione in coltura senza suolo. *Culture Protette*, 27 (12, supplemento), 34-38.
- Mininni C., 2007. Effetti dello stress idrico su produzione e qualità del pomodoro allevato con la tecnica della subirrigazione in canaletta. Tesi di Laurea, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Bari, 105 p.
- Minuto A., Gullino M. L., Garibaldi A., 2005. La gestione delle problematiche fitosanitarie all'interno di sistemi di coltivazione senza suolo. *Informatore Fitopatologico*, 55 (12), 13-18.
- Montesano F., Parente A., Santamaria P., 2004. La subirrigazione in serra. In: Pardossi A., Incrocci L., Marzioletti P., *Uso razionale delle risorse nel florovivaismo (III): l'acqua (Manuale IDRI). ARSIA (Serie quaderni) Regione Toscana, Firenze, 203-213.*
- Montesano F., Santamaria P., Serio F., Signore A., 2007. La subirrigazione delle colture in contenitore. In: *I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso (a cura di P. Santamaria), Aracne Editrice, Roma, 15-28.*
- Niedzela, C.E., Nelson, P.V., 1992. A rapid method for determining physical properties of undisturbed substrate. *HortScience*, 27, 1279-1280.
- Parente A., Santamaria P., 2003. Con il tensiometro irrigazione su misura. *Culture Protette*, 22 (7), 41-46.
- Reed D.W., 1996. Closed production system for containerized crops: recirculating subirrigation and zero-leach systems. In: Water, media and nutrition for greenhouse crops (Ed. D.W. Reed), Ball Publishing Book, Batavia, USA, 221-245.
- Rouphael Y., Colla G., 2005. Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. *Sci. Hortic.*, 105, 177-195

- Rouphael Y., Colla G., Battistelli A., Moscatello S., Proietti S., Rea E., 2004. Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 79, 423-430.
- Santamaria P., Cantore V., Conversa G., Serio F., 2004. Effect of night salinity level on water use, physiological responses, yield, and quality of tomato. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 79, 59-66.
- Santamaria P., Campanile G., Parente A., Elia A., 2003. Subirrigation vs drip-irrigation: Effects on yield and quality of soilless grown cherry tomato. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 78, 290-296.
- Santamaria P., Parente A., Serio F., Buttaro D., Montesano F., Ferulli C., 2005. Effetti della tensione dell'acqua su produzione e qualità del pomodoro allevato a ciclo chiuso. *Informatore Fitopatologico*, 55 (12), 19-22
- Santamaria P., Serio F., 2001. Coltivazione a ciclo chiuso: la subirrigazione in canaletta. *Infotore Agrario*, 52 (41), 45-49.
- Serio F., Santamaria P., Elia A., Parente A., Zilli P., 2001. Salinità, asportazione dei macronutrienti e produzione del pomodoro allevato senza suolo a ciclo chiuso. *Italus Hortus*, 8 (3), 55-60.
- Serio F., Ayala O., Bonasia A., Santamaria P., 2006. Antioxidant Properties and Health Benefits of Tomato. *Recent Progress in Medicinal Plants Vol.13 - Search for Natural Drugs*, 159-179.
- Stanghellini M.E., Nielsen C.J., Kim D.H., Rasmussen S.L., Rorbaugh P.A., 2000. Influence of sub- versus top-irrigation and surfactants in a recirculating system on disease incidence caused by *Phytophthora* spp. in potted pepper plants. *Plant Dis.*, 84, 1147-1150.
- Venezia A., Martignon G., Quattrini E., Parente A., 1999. Gerbera, coltivazione in vaso per subirrigazione. *Colture Protette* 29 (2), 95-101.
- Venezia A., Tonini A., Schiavi M., 2001. Subirrigazione in vaso a confronto con l'NFT per peperone e melanzana. *Italus Hortus*, 8 (6), 39-43.