

# La subirrigazione delle colture in contenitore

**Francesco MONTESANO, Pietro SANTAMARIA,  
Francesco SERIO, Angelo SIGNORE**

## **Premessa**

Le coltivazioni senza suolo rappresentano una delle più rilevanti innovazioni tecnologiche introdotte nelle colture protette. Particolare attenzione suscitano i sistemi di coltivazione senza suolo a ciclo chiuso, perché sono in grado di rendere più efficiente e razionale l'uso dell'acqua e di limitare l'inquinamento ambientale provocato dai fertilizzanti (Voogt e Sonneveld, 1997).

Tuttavia, la diffusione su larga scala dei sistemi senza suolo a ciclo chiuso stenta a concretizzarsi, in particolare nei Paesi del Bacino del Mediterraneo caratterizzati da una serricoltura a più basso contenuto tecnologico, soprattutto a causa della complessità della gestione della soluzione nutritiva (SN) (Pardossi *et al.*, 1994) e al rischio di diffusione di patogeni e di accumulo di metaboliti fitotossici nella SN (van Os e Stanghellini, 2001).

Tali inconvenienti, infatti, spesso rendono difficoltoso, o addirittura non vantaggioso, il passaggio a tecniche di coltivazione a ciclo chiuso. D'altra parte, è incalzante la necessità di mettere a disposizione degli operatori agricoli strumenti in grado di semplificare la gestione delle colture senza suolo a ciclo chiuso, sia per poter meglio affrontare le nuove disposizioni di legge in materia di prevenzione dell'inquinamento, sia per far fronte alle richieste di un mercato esigente nei confronti della sostenibilità ambientale dei processi produttivi.

Nell'ultima decade si è registrato un notevole interesse verso i sistemi di subirrigazione per le colture in contenitore in ambiente protetto, tanto in Europa (Molitor, 1993) quanto in Nord America (Uva *et al.*, 1998).

I sistemi di allevamento in vaso con distribuzione della SN per subirrigazione sono a ciclo chiuso (o virtualmente chiuso come in alcuni esempi di irrigazione su tappetino capillare) e, quindi, non disperdono la SN nell'ambiente. Nel variegato panorama delle

colture senza suolo, i sistemi di subirrigazione per le colture in vaso costituiscono un esempio consolidato e in rapida crescita di applicazione del ciclo chiuso, soprattutto per la produzione di piante ornamentali, rappresentando una delle tecnologie più promettenti per risparmiare acqua e fertilizzanti nelle colture di serra (Montesano *et al.*, 2004).

In questa nota verranno illustrati: 1) i principi base dei sistemi di subirrigazione, evidenziandone le principali differenze con i sistemi di irrigazione dall'alto; 2) i principali vantaggi e svantaggi offerti dalla subirrigazione rispetto ai sistemi di irrigazione tradizionali; 3) le varie tecniche di subirrigazione proposte per l'allevamento di piante in contenitore; 4) alcune semplici indicazioni sulla scelta del substrato e la gestione dell'irrigazione.

## **Quando acqua e nutrienti arrivano dal basso**

L'acqua e i nutrienti, che nei sistemi di irrigazione dall'alto penetrano il substrato per gravità e, se in eccesso, fuoriescono dal basso, nei sistemi per subirrigazione attraversano il mezzo di crescita in senso inverso, entrano dal basso e salgono per azione della forza capillare, vincendo la forza di gravità.

Normalmente, per i sistemi di irrigazione tradizionali dall'alto, gli operatori agricoli impostano frazioni di drenaggio (rapporto percentuale tra la SN persa dal fondo del vaso e quella erogata, eccedente, dunque, la capacità del contenitore) comprese fra il 20 e il 50%. Il drenaggio viene favorito sia per cautelarsi da eventuali fenomeni di stress idrico, sia per consentire il dilavamento dei sali in eccesso che si accumulano nel substrato a causa dell'assorbimento selettivo delle piante e per la presenza nell'acqua di irrigazione di ioni poco assorbiti dalle piante (sodio, cloruro, solfato e, talvolta, anche calcio e magnesio). Ne risulta che la composizione della SN drenata è profondamente modificata rispetto alla SN di nuova preparazione, rendendone difficoltoso il riutilizzo. Infatti, nei tentativi di applicazione del ciclo chiuso ai sistemi di irrigazione dall'alto, si verifica una sorta di veloce "invecchiamento" chimico della SN, tanto più rapido quanto peggiore è la qualità dell'acqua irrigua e meno accurate sono le operazioni di controllo e reintegro della SN. Ciò rende periodicamente necessario il completo rinnovo della SN con conseguente spreco di acqua e concimi ed inquinamento delle falde idriche (Incrocci *et al.*, 2005a).

I sistemi di subirrigazione, al contrario, si caratterizzano per l'assenza di drenaggio dai vasi. I moduli di coltivazione (bancali, canalette, pavimento, etc. – vedi oltre) vengono periodicamente riempiti con la SN, per un tempo variabile da 5 a 20 minuti, in modo che la parte basale del vaso sia immersa nel liquido per 1–3 cm. In questo modo, la SN penetra nel vaso attraverso i fori presenti e viene assorbita dal substrato distribuendosi all'interno di esso, mossa dall'azione di risalita capillare e, nelle fasi successive, sotto la spinta dell'evaporazione. Normalmente, l'azione di risalita capillare crea una colonna d'acqua di 10-13 cm, in rapporto alle dimensioni delle particelle di cui è costituito il substrato di coltivazione (l'altezza della colonna diminuisce all'aumentare della dimensione delle particelle). Per questa ragione, la subirrigazione si è diffusa maggiormente per i vasi di dimensioni contenute (altezza intorno ai 15 cm), anche se è possibile adattare questa tecnica a colture che richiedono contenitori più grandi, modificando il rapporto tra le diverse granulometrie del substrato o scegliendo opportunamente i materiali che compongono i miscugli (Santamaria e Serio, 2001).

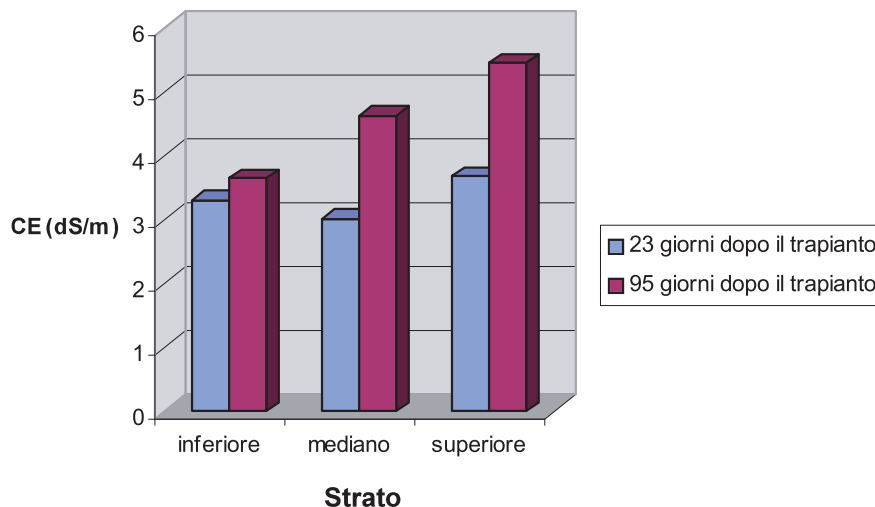
La SN in eccesso, che è presente nel modulo di coltivazione, al termine dell'intervento irriguo viene allontanata e raccolta per essere nuovamente utilizzata nelle fertirrigazioni successive. E' evidente che, a differenza dei sistemi di fertirrigazione dall'alto, la SN raccolta non deriva dal drenaggio dai vasi, ma semplicemente è la SN che non è stata assorbita dal substrato; pertanto la sua composizione risulterà modificata solo leggermente rispetto a quella di nuova preparazione.

Proprio la maggiore stabilità dei parametri chimici (pH e conducibilità elettrica - CE) della SN ricircolante rappresenta uno dei principali vantaggi della subirrigazione, in quanto rende più semplice, rispetto ad altri sistemi, la gestione della stessa. In definitiva, l'operatore deve semplicemente reintegrare i consumi delle piante aggiungendo SN di nuova preparazione, senza dover necessariamente effettuare complessi controlli e successivi aggiustamenti della composizione della SN di reintegro.

In una prova di confronto fra due sistemi a ciclo chiuso, l'NFT (Nutrient Film Technique) e la subirrigazione in canaletta, per la coltivazione di pomodoro, è stato possibile apprezzare la maggiore stabilità della CE della SN utilizzata nella coltura allevata in subirrigazione durante tutto il ciclo colturale: mentre in quest'ultimo caso la CE è rimasta pressoché costante rabboccando sempre i serbatoi di raccolta con SN con concentrazione uguale a quella di partenza, nel caso dell'NFT è stato necessario adeguare di volta in volta il grado di diluizione della SN usata per il rabbocco al

fine di mantenere la CE entro un intervallo accettabile per la coltura, con alterazione della composizione della SN ricircolante in termini di concentrazione degli elementi nutritivi e del loro rapporto (Montesano *et al.*, 2005b).

Tuttavia, anche con la subirrigazione si registrano variazioni, se pur ridotte, a carico della SN ricircolante. Esse sono principalmente dovute all'evaporazione e allo scambio che si verifica fra la SN e la parte basale del substrato durante gli interventi fertirrigui. In particolare, nel caso di utilizzo di acqua di cattiva qualità per la preparazione delle SN, ad esempio contenenti quantità elevate di NaCl, è possibile che la CE della SN ricircolante aumenti nel tempo, in seguito all'accumulo di sali nello strato inferiore del substrato; difatti, sebbene i sali in eccesso tendano a salire verso la parte alta del substrato (come sarà illustrato in seguito), può verificarsi che l'apporto di sali sia più veloce rispetto al tempo necessario per allontanare verso l'alto quelli non assorbiti. Una corretta gestione dell'irrigazione, comunque, e in particolare la riduzione dei tempi di contatto fra SN e substrato, riducono questo problema.

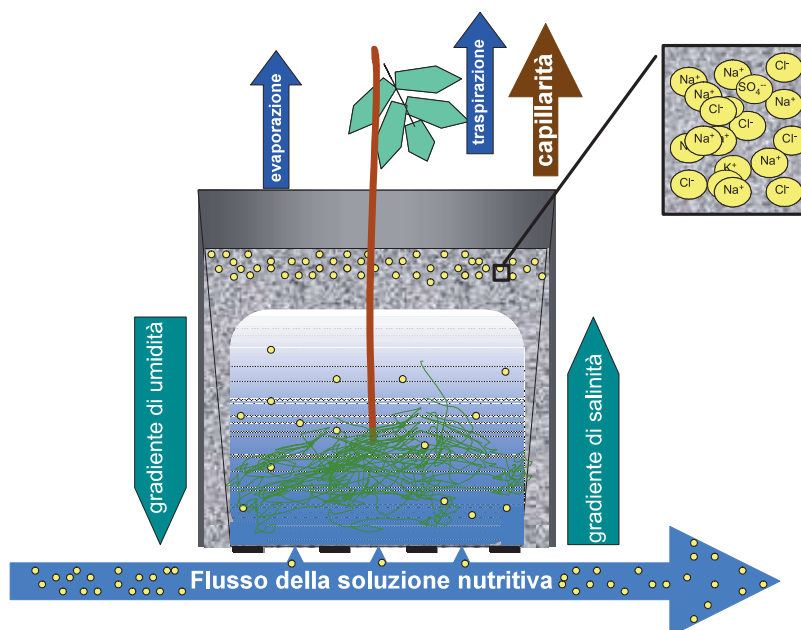


**Figura 1 - Conducibilità elettrica (CE) degli strati inferiore, mediano e superiore del substrato (torba:perlite 60:40, v:v) in cui è stato coltivato il pomodoro usando la tecnica della subirrigazione in canaletta. CE rilevata in due momenti del ciclo colturale mediante Sigma Probe EC1 (Delta-T, Burwell, Cambridge, U.K.). CE della soluzione nutritiva pari a 2,8 dS/m.**

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

Con la subirrigazione la lisciviazione dei sali è scarsa o assente, pertanto il rilascio di fertilizzanti nell'ambiente è minimo; tuttavia l'ambiente di crescita delle radici subisce modifiche ben maggiori di quelle che si verificano con i sistemi di irrigazione dall'alto.

Numerosi studi hanno messo in evidenza che uno degli effetti più rilevanti della subirrigazione, derivante dall'assenza di drenaggio durante il ciclo colturale, è il maggiore incremento della CE all'interno del substrato rispetto ai sistemi di irrigazione dall'alto. In realtà, però, i sali, a causa del continuo flusso unidirezionale di SN (verso l'alto), che è sospinto anche dall'evaporazione dell'acqua dalla superficie del substrato, si accumulano essenzialmente nel terzo superiore del substrato, dove le radici sono poco presenti per la maggiore umidità dello strato inferiore. La CE che si registra nella parte più bassa del substrato si mantiene abbastanza vicina a quella della SN ricircolante e tende a crescere di poco nel tempo, a differenza di quanto accade per lo strato superiore. In figura 1 è riportato l'andamento nel tempo della CE del substrato per l'allevamento di pomodoro in subirrigazione.



**Figura 2 - Modello semplificato dei flussi della soluzione nutritiva, della risalita capillare e della stratificazione dell'umidità e dei sali in un vaso fertirrigato per subirrigazione.**

In figura 2 è schematizzato un modello semplificato dei flussi della SN, della risalita capillare e della stratificazione dell'umidità e dei sali in un vaso fertirrigato per subirrigazione.

In ragione delle modifiche dell'ambiente radicale appena discusse, dovute al mancato allontanamento dei sali in eccesso, con la subirrigazione è necessario adeguare la nutrizione delle piante, riducendo la concentrazione dei nutrienti nella SN (van Iersel, 2007). Pertanto, oltre che per l'assenza di drenaggio, i sistemi di subirrigazione consentono di risparmiare nutrienti anche per la minore concentrazione delle SN utilizzate (Dole *et al.*, 1994; Zheng *et al.*, 2004).

## **I principali vantaggi e svantaggi**

Rispetto ai sistemi tradizionali, i sistemi di subirrigazione presentano diversi vantaggi, sia di natura prettamente tecnico-agronomica sia, a conti fatti, di ordine economico-gestionale.

Di seguito ne vengono elencati i principali:

- Maggiore stabilità dei parametri chimici della SN ricircolante. Difatti, la notevole semplificazione della gestione della SN rende concreta la possibilità di una maggiore diffusione delle tecniche di coltivazione a ciclo chiuso.
- Maggiore uniformità di distribuzione di acqua e fertilizzanti e, conseguentemente, maggiore uniformità delle piante. Con le soluzioni impiantistiche proposte per le diverse tecniche di subirrigazione, tutti i vasi ricevono la stessa quantità di SN, a meno di grossolani errori nella gestione delle pendenze e dei flussi di erogazione e raccolta della SN stessa. Comunque, la relativa semplicità degli impianti di subirrigazione rende assai improbabile il verificarsi di tali anomalie.
- Piante più sane e maggiore efficacia dei fitofarmaci. Un aspetto che desta particolare interesse nei sistemi di subirrigazione delle piante in vaso è quello legato alla trasmissione di agenti patogeni e all'applicazione dei fitofarmaci. Infatti, l'assenza di drenaggio, tipica del sistema, impedisce ai propaguli infettivi di fuoriuscire dal vaso che ospita la pianta eventualmente infetta, riducendo il rischio di contaminazione della SN ricircolante. Il rischio può essere ulteriormente ridotto riducendo i tempi di contatto fra substrato e SN ricircolante, agendo sulla durata degli interventi irrigui. E' stata anche registrata una

maggiore efficacia di alcuni fitofarmaci distribuiti nella SN per le piante allevate in subirrigazione, in relazione al fatto che, in assenza di drenaggio e dilavamento del mezzo di crescita, il principio attivo rimane per più tempo nel substrato e quindi a disposizione della pianta (van Iersel *et al.*, 2001). In base a quanto riportato in un'indagine condotta negli USA, la maggior parte delle aziende florovivaistiche che utilizzano la subirrigazione non effettua la disinfezione della SN, senza tuttavia incorrere in un peggioramento dello stato fitosanitario della coltura (Uva *et al.*, 1998). L'incidenza di malattie fogliari, inoltre, è minore, perché la vegetazione non è bagnata durante l'irrigazione.

- Minore compattamento del substrato.
- Minore fabbisogno di acqua e fertilizzanti. L'assenza di drenaggio, il continuo ricircolo della SN, unitamente alla più bassa concentrazione dei nutrienti, comportano un notevole risparmio nei sistemi di subirrigazione rispetto ai sistemi a ciclo aperto e, in alcuni casi, anche rispetto ad altri sistemi di coltivazione a ciclo chiuso. Parallelamente, nei sistemi di subirrigazione si registra anche una maggiore efficienza d'uso delle risorse. In una prova di coltivazione a ciclo chiuso di pomodoro allevato in subirrigazione o con la tecnica dell'NFT, nel primo caso si è avuto un consumo di SN minore di circa 12 L/pianta a fronte di una maggiore efficienza d'uso dell'acqua (31 vs 26 grammi di prodotto per litro di SN utilizzata) (Montesano *et al.*, 2005a).
- Minore fabbisogno di manodopera. L'assenza di gocciolatori, soggetti ad otturazioni e, quindi, a periodici controlli e pulizia, comporta un notevole risparmio in termini di lavoro. Inoltre, è sufficiente un unico operatore per irrigare vaste superfici, dovendo azionare semplicemente una pompa. Va anche considerato che alcune tecniche di subirrigazione si prestano ad una meccanizzazione e automazione spinta (vedi bancali a flusso e riflusso movimentati meccanicamente).
- Maggiore sfruttamento della superficie della serra (vedi oltre).

Fra gli svantaggi ascritti alle tecniche di subirrigazione per la produzione di piante in contenitore vi sono sicuramente gli ingenti investimenti ed i lunghi tempi per l'ammortamento degli impianti, soprattutto nel caso di conversione di serre già esistenti e dotate di impianti obsoleti, mentre la scelta della subirrigazione è più facile quando si tratta di complessi serricoli da costruire *ex novo*.

Da un'analisi dei costi e dei ricavi di una tipica coltura di serra, la poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) allevata con diverse tecniche di coltivazione, è emerso che la subirrigazione è la tecnica che assicura il maggior reddito netto in virtù della riduzione dei costi di manodopera e dell'aumento della produzione lorda vendibile in seguito al miglior sfruttamento dello spazio-serra (Incrocci *et al.*, 2005b).

## **I sistemi di coltivazione con subirrigazione**

Per la produzione di piante in contenitore, sono stati proposti diversi sistemi di coltivazione senza suolo che prevedono la distribuzione della SN per subirrigazione. Come già accennato, essi sono stati concepiti inizialmente per le produzioni di piante ornamentali, ma negli ultimi anni particolare attenzione è stata riservata a quei sistemi che si adattano anche alla produzione di piante orticole.

Di seguito si illustreranno sinteticamente i principali sistemi di coltivazione a ciclo chiuso con subirrigazione.

### **Bancali a flusso e riflusso**

È sicuramente il sistema più diffuso. Il modulo di coltivazione è costituito da un bancale, di dimensioni variabili, su cui sono disposti i vasi (foto 1). I bancali vengono periodicamente riempiti con SN per 5-20 minuti, a seconda della dimensione dei vasi e del grado di asciugatura del substrato, in modo da riportare il substrato alle condizioni idriche volute. Per ridurre al minimo l'interferenza del substrato sulla composizione chimica della SN ricircolante, è bene evitare interventi irrigui troppo lunghi.

I bancali sono realizzati generalmente in materiale plastico o in metallo, con il fondo scanalato per favorire il deflusso della SN in eccesso. Particolare attenzione deve essere riservata al posizionamento dei bancali che devono essere perfettamente orizzontali, per evitare ristagni e per garantire che il liquido si distribuisca uniformemente all'interno del modulo.

Il sistema è estremamente versatile e si presta bene alla meccanizzazione di alcune operazioni, come ad esempio la movimentazione automatica dei bancali.

Con questo sistema è possibile dedicare alla coltivazione l'80-90% della superficie di calpestio della serra (Molitor, 1993).



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



**Foto 1 - Coltivazione di piante ornamentali con la tecnica dei bancali a flusso e riflusso (Azienda Florpagano – Terlizzi, BA).**

#### **Pavimento inondato**

Si tratta di una soluzione estremamente adatta alle colture ornamentali a ciclo lungo, che non richiedono frequenti operazioni colturali e movimentazione. La SN viene erogata direttamente sul pavimento (in cemento) della serra, opportunamente costruito e livellato, in modo da garantire una pendenza minima, appena necessaria a convogliare l'acqua verso le zone di deflusso (foto 2). Generalmente sia l'erogazione che lo sgrondo della SN avvengono attraverso un canale centrale. Particolare attenzione deve essere rivolta alla posa in opera del pavimento, in modo da non dare un'eccessiva pendenza (maggiore è la pendenza, maggiore sarà il volume di SN necessario per irrigare la coltura e maggiori saranno le disformità nell'altezza della lama d'acqua creata) e da evitare la formazione di zone di ristagno (che comportano la formazione di alghe e la sovralimentazione idrica dei vasi situati in tali zone). A tale proposito, si consideri che una lama d'acqua di 2,5-3 cm è sufficiente per contenitori di tutte le dimensioni, a patto che il substrato utilizzato abbia una buona capacità di ritenzione idrica.

Con questa tecnica, è possibile differenziare all'interno della serra vari settori, delimitati da "arginelli" in materiale plastico. I settori devono essere occupati da colture aventi le stesse esigenze idriche.

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



**Foto 2 - Coltivazione di piante ornamentali in subirrigazione su pavimento.**

E' necessario prevedere un impianto di riscaldamento basale con la funzione di ottenere la temperatura radicale desiderata, abbassare l'umidità relativa dell'aria al livello della coltura e velocizzare l'asciugatura del pavimento per evitare la formazione di alghe. Il riscaldamento basale però, di solito, non è sufficiente da solo per il condizionamento climatico della serra; è necessario, pertanto, prevedere un impianto aggiuntivo per garantire il corretto riscaldamento dell'ambiente.

#### **Tappetino capillare**

E' il sistema meno utilizzato, anche se non mancano aziende che propongono soluzioni tecniche interessanti. Prevede il posizionamento, sul terreno ben livellato o sui bancali, di un primo strato impermeabile, di un tappetino in materiale sintetico assorbente, ad altissima capillarità, che garantisce una rapida ed omogenea distribuzione dell'acqua di irrigazione, ed infine di un telo di copertura (foto 3). La SN viene generalmente erogata per mezzo di ali gocciolanti o, nel caso di bancali, immessa da un lato e, con la opportuna pendenza, raccolta dall'altro.

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



**Foto 3 - Esempio di tappetino capillare per la coltivazione di piante aromatiche in pien'aria presso l'Azienda Agricola S.F.Flor – Albenga, SV (foto gentilmente concessa dalla CIA di Savona, Sede Provinciale di Albenga, SV).**

Con questo sistema la componente evaporativa determina consumi idrici più elevati rispetto agli altri sistemi di subirrigazione (Dole *et al.*, 1994).

#### **Subirrigazione in canaletta**

Questa tecnica, molto interessante per la sua possibilità di applicazione alla produzione di ortaggi, viene ampiamente discussa da Parente *et al.* (2007) in questo stesso testo.

### **Alcuni suggerimenti**

Le dinamiche che regolano il rifornimento idrico nei sistemi di coltivazione senza suolo con distribuzione della SN per subirrigazione sono assai diverse rispetto al caso in cui l'irrigazione avviene dall'alto. Nel caso della subirrigazione, infatti, non è possibile decidere a priori il livello idrico che si vuole mantenere

nel substrato, semplicemente impostando la somministrazione di un determinato volume di acqua o SN per ciascun contenitore. Al contrario, è il substrato stesso che, in base alle sue caratteristiche, regola i processi di assorbimento. Ne deriva che la scelta del substrato è di fondamentale importanza quando si adotta la tecnica della subirrigazione. Un buon substrato, adatto a questo uso, deve essere in grado di assorbire velocemente l'acqua attraverso l'azione della risalita capillare, garantire una sufficiente disponibilità di aria, in ragione della più o meno frequente sommersione delle radici, ed essere facilmente riumettabile. Inoltre, il substrato deve essere anche leggero, per non appesantire bancali e canalette. Si rimanda a Parente *et al.* (2007) in questo stesso testo, per ulteriori approfondimenti tecnici sull'argomento.

Oltre che sulla scelta del substrato, l'operatore sarà chiamato ad agire sul numero e la durata degli interventi irrigui. L'irrigazione potrà essere gestita con temporizzatori o automatizzata mediante sensori di umidità (tensiometri, dispositivi elettronici di varia natura). Nel primo caso, è bene che gli interventi irrigui non superino i 10 minuti di durata: è stato osservato infatti che la maggior parte dell'assorbimento idrico avviene in questo lasso di tempo. Inoltre, l'acqua che ha velocemente saturato lo strato inferiore del substrato si ridistribuisce in esso più lentamente dopo il termine dell'irrigazione. Ne deriva che, per riumidificare un substrato asciutto e per ottenere una bagnatura più uniforme, è preferibile eseguire una serie di più interventi irrigui di durata limitata, distanziati di qualche ora l'uno dall'altro, piuttosto che aumentare la lunghezza del singolo intervento.

## **Bibliografia**

- Dole J.M., Cole J.C., Broembsen S.L., 1994. Growth of Poinsettias, nutrient leaching and water use efficiency respond to irrigation methods. *HortScience* 29, 858-864.
- Incrocci L., Scaramuzzi S., Pardossi A., 2005a. Un'analisi dei sistemi di coltivazione a ciclo chiuso per la produzione in serra delle piante ornamentali in vaso. I. Aspetti tecnici. *Flortecnica*, 10 (3), 58-67.
- Incrocci L., Scaramuzzi S., Pardossi A., 2005b. Un'analisi dei sistemi di coltivazione a ciclo chiuso per la produzione in serra delle piante ornamentali in vaso. II. Aspetti economici. *Flortecnica*, 10 (4), 62-70.

- Molitor H.D., 1993. Tecniche di irrigazione a ciclo chiuso per le coltivazioni in serra e in pien'aria. *Flortecnica* 17 (12), 36-40.
- Montesano F., Parente A., Santamaria P., 2004. La subirrigazione in serra. In: Pardossi A., Incrocci L., Marzialetti P., *Uso razionale delle risorse nel florovivaismo: l'acqua*. Quaderno ARSIA 5/2004, Regione Toscana, Firenze, 203-213.
- Montesano M., Favuzzi G., Parente A., Serio F., Santamaria P., 2005 a. NFT vs Subirrigation: I. Yield and Water Use Efficiency of Tomato Grown in Closed Soilless Systems under Salinity or Water Stress. *HortScience*, 40, 1011 (Abstract n. 306).
- Montesano M., Ferulli C., Parente A., Serio F., Santamaria P., 2005 b. NFT vs Subirrigation: II. Tomato Fruit Quality Grown in Closed Soilless Systems under Salinity or Water Stress, 40, 1011 (Abstract n. 307).
- Pardossi A., Malorgio F., Tognoni F., Beccatelli M., 1994. La gestione della soluzione nutritiva in colture senza suolo a ciclo chiuso. *L'Informatore Agrario*, 50 (44), 43-56.
- Parente A., Santamaria P., Serio F., 2007. La subirrigazione in canaletta. In: *I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso* (a cura di P. Santamaria), Aracne Editrice, Roma, 29-50.
- Santamaria P., Serio F., 2001. Coltivazione a ciclo chiuso: la subirrigazione in canaletta. *Informatore Agrario*, 57 (41), 45-49.
- Uva W.L., Weiler T.C., Milligan R.A., 1998. A survey on the planning and adoption of zero runoff subirrigation systems in greenhouse operations. *HortScience*, 33, 193-196.
- van Iersel M.W., Oetting R.D., Hall D.B., Kang J.G., 2001. Application technique and irrigation method affect imidacloprid control of silverleaf whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) on poinsettias. *J. Econ. Ent.*, 94, 666-672.
- van Os E.A., Stanghellini C., 2001. Diffusion and environmental aspects of soilless growing systems. *Italus Hortus*, 8 (6), 9-15.
- Van Iersel, 2007. La gestione della fertilizzazione nei sistemi con subirrigazione. In: *I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso* (a cura di P. Santamaria), Aracne Editrice, Roma, 51-64.
- Voogt W., Sonneveld C., 1997. Nutrient management in closed growing system for greenhouse production. In: Goto, E., Kurata, K., Hayashi, M., Sase, S. (Eds.), *Plant Production in Closed Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 83-102.
- Zheng Y., Graham T., Richard S., Dixon M., 2004. Potted gerbera production in a subirrigation system using low-concentration nutrient solutions. *HortScience*, 39, 1283-1286.