

## 6- LA COLTIVAZIONE SENZA SUOLO

*Angelo Parente, Francesco Serio*

*Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari*

*Consiglio Nazionale delle Ricerche*

*Pietro Santamaria*

*Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali*

*Università degli Studi di Bari*

Il “senza suolo” può essere definito come l’insieme dei sistemi di coltivazione in cui le piante sono allevate in una soluzione nutritiva (soluzione nutritiva, acqua e nutrienti) con o senza l’ausilio di un mezzo artificiale o “substrato” (sabbia, vermiculite, perlite, lana di roccia, torba, fibra di cocco).

Generalmente, si tratta di sistemi realizzati in ambiente protetto, che richiedono tecnologia e capitali iniziali elevati, nonché specifica professionalità. Normalmente, consentono produzioni maggiori rispetto a quelle che si ottengono su terreno; inoltre sono ergonomici, utilizzano con maggiore efficienza acqua, elementi nutritivi e spazio e (potenzialmente) proteggono l’ambiente.

### **Un po’ di storia**

Le origini della coltivazione senza suolo sono molto antiche. Esempi sono i giardini pensili di Babilonia (600 a.C.), una delle sette meraviglie del mondo antico, e le “chinampas” degli Aztechi, una sorta di zattere di canne e giunchi su cui veniva posato del terreno per la coltivazione. Tracce di sistemi simili sono state rinvenute anche in Egitto e Cina. Studi scientifici furono condotti da Woodward (1699), che esaminò la crescita delle piante in acque di diversa provenienza, e da Sachs e Knop (1860), che coltivarono le piante con le radici immerse in una soluzione nutritiva a composizione chimica controllata. Gericke (1929) fu il primo ad allevare su scala commerciale numerosi ortaggi, cereali, piante da frutto, ornamentali e fiori. Successivamente, Hoagland e Arnon (1938) studiarono la nutrizione delle piante coltivate in mezzo liquido e pubblicarono un bollettino sulla “nutricoltura” (termine con cui comprendevano tutti i metodi per allevare le piante in un mezzo diverso dal terreno naturale). Una delle prime applicazioni si ebbe nel 1930 sull’Isola di Wake, atollo roccioso del Pacifico, punto di sosta dei voli transoceanici. Su quell’isola la produzione di ortaggi “senza suolo” rappresentò l’unico metodo pratico per procurare ortaggi freschi ai passeggeri e all’equipaggio della *Pan America Airways*. Questa tecnologia fu utilizzata anche sulle isole dell’Atlantico e del Pacifico durante la seconda guerra mondiale (Santamaria, 2001). Intorno agli anni ’60, l’interesse per la coltivazione senza suolo si rinnovò grazie all’av-

vento della plastica utilizzata nei manufatti per la forzatura delle colture. Nel corso degli anni settanta i sistemi senza suolo furono sviluppati nei deserti di California, Arizona, Abu Dhabi e Iran, e ricercatori inglesi svilupparono la tecnica del film di nutrienti (NFT). Attualmente, l'interesse per le colture senza suolo permane soprattutto nelle zone dove esistono problemi di natura parassitaria che condizionano negativamente la coltivazione nel terreno o laddove maggiore è la preoccupazione per l'inquinamento delle acque sotterranee provocato dall'intensificazione dei processi produttivi in serra.

Il "senza suolo" si presta anche ad applicazioni particolari quali la produzione di cibo durante le missioni spaziali, in ambienti estremi (Antartide), dove esistono terreni non idonei alla coltivazione (Chernobyl) o, ancora, in aree del pianeta particolarmente povere e depresse (Gonnella e Charfeddine, 2002). Inoltre, si presta ad essere utilizzato per la depurazione delle acque reflue, in abbinamento con l'allevamento di pesce (acquaponica) e per l'ottenimento di prodotti dietetici o medicinali (Ayala e Santamaria, 2005).

### **I sistemi**

I sistemi di coltivazione senza suolo possono essere classificati in funzione della modalità di gestione della SN in sistemi a "ciclo aperto", cioè senza recupero della SN, e a "ciclo chiuso", quando la SN viene recuperata e riutilizzata. I sistemi a ciclo chiuso, inoltre, possono essere "continui", quando la durata del periodo di riutilizzazione coincide con il ciclo colturale, oppure, nell'altro caso, "discontinui". Questi ultimi sono i più diffusi, in particolare per i cicli di coltivazione più lunghi, perché nella SN si accumulano le impurità dei fertilizzanti, gli escreti radicali e, soprattutto, gli ioni presenti in quantità superiori alle esigenze della pianta, che rendono incompatibile la composizione della SN e/o la sua conducibilità elettrica con la vita delle piante.

Il vantaggio principale dei sistemi a ciclo chiuso risiede nel risparmio di acqua e fertilizzanti e nel conseguente minore impatto ambientale. Al contrario, questi sistemi hanno lo svantaggio della maggiore complessità di gestione e della possibilità di diffusione di patogeni e di accumulo di metaboliti fitotossici nella SN che possono comportare decurtazione della produzione.

I sistemi senza suolo possono essere classificati anche in funzione della presenza o meno di substrato (Fig. 1). Quelli in mezzo liquido sono indicati più correttamente con il termine "idroponica" (dal greco, letteralmente, "acqua che lavora").

Di seguito si riporta una breve descrizione dei principali sistemi "senza suolo" rimandando a testi più specifici per una disamina più approfondita.

**Figura 1: classificazione dei sistemi di coltivazione senza suolo in relazione alla presenza o meno del substrato**

|   |
|---|
| <p>Senza substrato in mezzo liquido (water culture):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- statico: idroponica galleggiante (floating system)</li><li>- ricircolante: tecnica del film di nutrienti (NFT, Nutrient Film Technique)<br/>aeroponica</li></ul> <p>Con substrato (substrate culture)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- in letto di sabbia o ghiaia (sand/gravel culture)</li><li>- in sacco (bag culture)</li><li>- in vaso mediante subirrigazione:<ul style="list-style-type: none"><li>bancali o pavimento a flusso-riflusso (ebb-and-flow)</li><li>canalette con scorrimento di soluzione nutritiva</li><li>bancale con tappetino capillare</li></ul></li></ul> |
|---|

**Floating system** o pannelli galleggianti (Fig. 2a)

E' un sistema statico a ciclo chiuso nel quale le piante sono allevate su pannelli di polistirene, fessurati o alveolati, che galleggiano sulla SN (statica, appunto) contenuta in vasche o bancali. L'altezza della SN non deve scendere sotto i 20-30 cm. La SN viene periodicamente reintegrata in rapporto al consumo di acqua, contestualmente si controllano pH, conducibilità elettrica ed ossigeno disciolto. L'arricchimento di ossigeno della SN può avvenire insufflando aria attraverso tubi forati disposti sul fondo delle vasche, ricircolando la SN in impianti a caduta o utilizzando tubi Venturi. Il problema si pone soprattutto nelle fasi di più intenso accrescimento e nei periodi caldi, a causa della relazione inversa tra ossigeno disciolto e temperatura della SN.

I pannelli galleggianti sono idonei per coltivare ortaggi da foglia destinati alla IV gamma (vedi capitolo 'Insalate e IV gamma', in questo libro).

**Nutrient film technique** (NFT, Fig. 2b)

La tecnica del film di nutrienti prevede la circolazione della SN all'interno di canalette inclinate. Le radici delle piante sono a diretto contatto con la SN, che viene raccolta a valle in serbatoi e reimpressa in circolo controllando pH e conducibilità elettrica. La tecnica consente significativi risparmi di acqua ed elementi nutritivi (trattandosi di un ciclo chiuso, anche se i consumi vengono esaltati) e di substrato. Al tempo stesso, però presenta lo svantaggio dell'assenza di volano chimico-fisico e idrico, che espone le piante a pericolosi stress idrici e nutrizionali nel caso di improvvise interruzioni di energia elettrica. E' un sistema adatto alla coltivazione di specie orticole sia da frutto che da foglia.

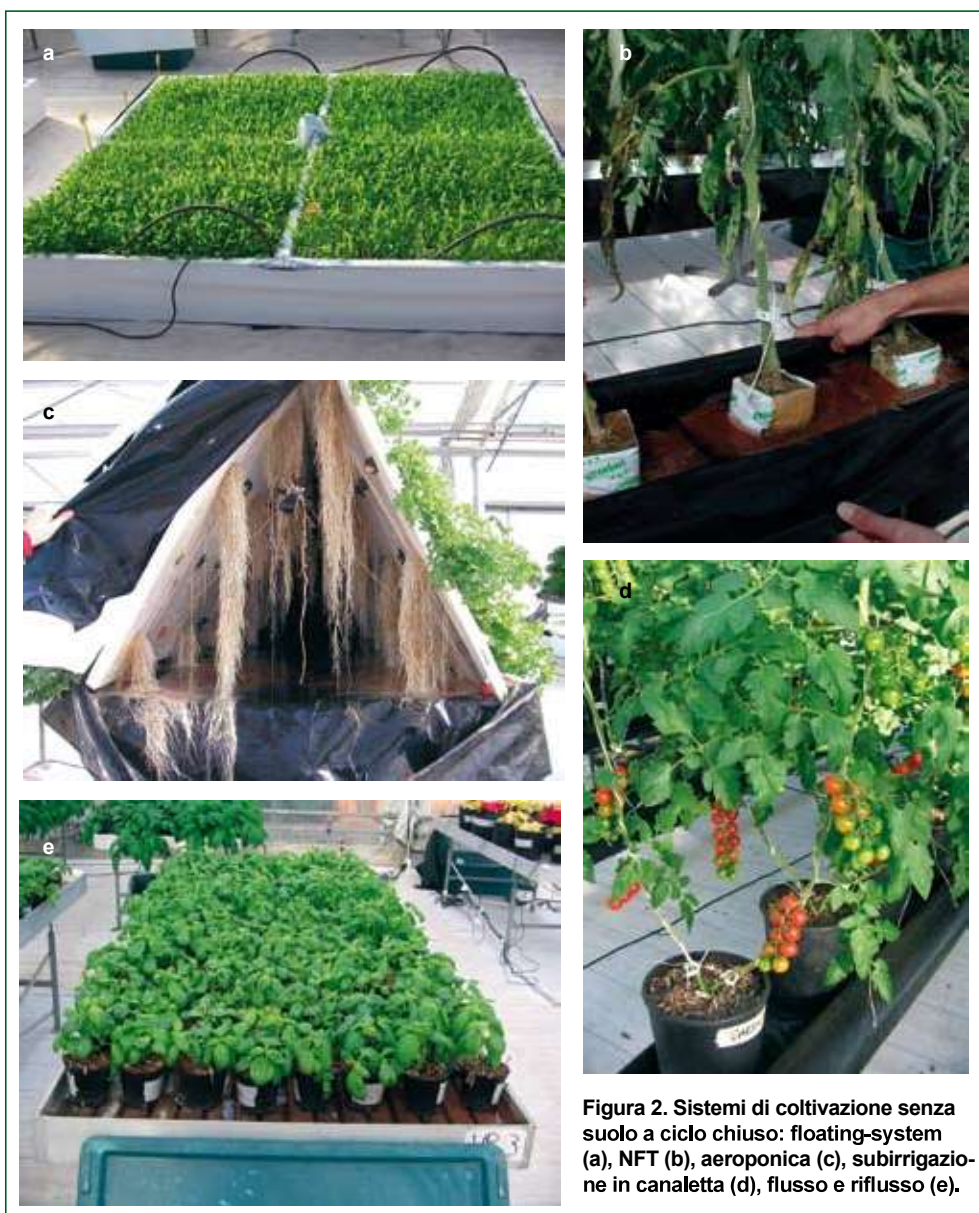


Figura 2. Sistemi di coltivazione senza suolo a ciclo chiuso: floating-system (a), NFT (b), aeroponica (c), subirrigazione in canaletta (d), flusso e riflusso (e).

### **Aeroponica** (fig. 2c)

Anche questo sistema è a ciclo chiuso, continuo o discontinuo. Viene utilizzato per alcune specie da fiore e per specie orticole a ridotto accrescimento (fragola, lattuga, indivia). Il sistema di sostegno delle piante è rappresentato da pannelli

inclinati di polistirolo o di plastica. Gli apparati radicali si formano all'interno della zona delimitata dai pannelli. L'alimentazione delle piante è garantita da un sistema di nebulizzazione alloggiato dentro il modulo di coltivazione. La durata degli interventi oscilla da 30 a 60 secondi, mentre la frequenza dipende da vari fattori (condizioni climatiche, specie e fase fenologica): in generale, va evitato che tra un intervento irriguo e l'altro le radici si asciugano.

### Coltivazione su substrato

Questi sistemi sono molto più diffusi rispetto ai precedenti in quanto la presenza di substrato garantisce un certo volume idrico e nutrizionale alle piante e l'ancoraggio per le radici.

Ciascun substrato presenta caratteristiche fisiche e chimiche proprie. Le prime condizionano frequenza e durata della fertirrigazione (Tab. 1). Generalmente, le proprietà chimiche dei substrati comportano meno problemi di quelle fisiche; del resto è più facile modificarle sia prima sia durante il ciclo colturale.

**Tabella 1: principali caratteristiche chimiche e fisiche di alcuni substrati<sup>1</sup>**

| Substrati                    | pH      | CE      | DA                   | P                    | CAq   | CA    |
|------------------------------|---------|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
|                              |         | (dS/m)  | (kg/m <sup>3</sup> ) | (% volume apparente) |       |       |
| <b>Torba<sup>2</sup></b>     | 3,5-6,8 | 0,6-6,6 | 10-25                | 84-96                | 50-83 | 7-42  |
| <b>Fibra di cocco</b>        | 4,9-6,9 | 0,3-2,9 | 50-90                | 80-98                | 23-26 | 70-72 |
| <b>Posidonia<sup>3</sup></b> | 7,9-8,3 | 9-12    | 66-101               | 94-96                | 26-60 | 35-69 |
| <b>Lana di roccia</b>        | 7,0-8,2 | /       | 80-90                | 94-97                | 81-84 | 13-15 |
| <b>Perlite</b>               | 7,0-8,0 | /       | 80-120               | 93-96                | 44-50 | 46-49 |
| <b>Pomice</b>                | 6,5-7,5 | /       | 350-450              | 70-75                | 30-35 | 45-55 |
| <b>Vermiculite</b>           | 6,8-6,9 | /       | 650-750              | 72-74                | 18-26 | 48-54 |
| <b>Ideale</b>                | 5,5-6,5 | 0,5-2,0 | ≤ 300                | > 88                 | 55-70 | 20-30 |

<sup>1</sup>CE: conducibilità elettrica; DA: densità apparente; P: porosità; CAq: capacità per l'acqua; CA: capacità per l'aria;

<sup>2</sup>il valore più basso si riferisce alla torba bionda, quello più alto alla torba bruna.

<sup>3</sup>Materiale non dilavato.

### I substrati

Di seguito si riporta una breve disamina dei principali substrati di coltivazione e

delle proprietà chimico-fisiche più importanti rimandando a testi più specifici per una trattazione completa (vedi box).

I substrati di coltivazione possono essere distinti in organici e inorganici. Al primo gruppo appartengono: torba, fibra di cocco e posidonia.

**Torba.** Originaria dei paesi del Nord Europa, in realtà si tratta di un gruppo di materiali distinti in base al colore e al grado di decomposizione (bionda, bruna e nera). È costituita da residui di piante (principalmente *Sphagnum*, *Eriophorum* e *Carex*) decomposte in condizioni di anaerobiosi. Dotata di elevata capacità di ritenzione idrica, in alcuni casi può rivelarsi fortemente acida (soprattutto la torba bionda) per cui va corretta con carbonato o ossido di calcio.

**Fibra di cocco.** Substrato rinnovabile ed ecocompatibile; è un sottoprodotto della lavorazione della palma da cocco. Prima della utilizzazione va reimpibita. Ha buona ritenzione idrica. Può presentare qualche problema di salinità a seconda della zona di origine.

**Posidonia.** I residui spiaggiati di *Posidonia oceanica* (L.) Del. possono essere utilizzati, meglio se compostati, da soli o in miscela con altri materiali.

Altri materiali che possono essere utilizzati, in funzione soprattutto della loro disponibilità e facilità di approvvigionamento, sono: lolla di riso, vinacce esauste, carta, paglia, cortecce, residui della coltivazione dei funghi, ecc..

Tra i substrati inorganici quelli più utilizzati sono lana di roccia, perlite e pomice.

**Lana di roccia.** Si tratta di un materiale sterile e inerte, con reazione tendenzialmente alcalina, con scarsissima capacità di scambio cationico e potere tampone. Leggera, è molto stabile nel tempo. Presenta porosità totale e capacità di ritenzione idrica elevate, mentre la porosità libera è molto ridotta.

**Perlite.** Materiale inerte, sterile e leggero. Capacità di scambio cationico e potere tampone quasi nulli. Dotata di buona porosità (Tab. 1). La struttura tende a degradarsi piuttosto facilmente a causa della fragilità delle particelle di cui è costituita.

**Pomice.** Di origine vulcanica, è sterile e stabile. Ha buona porosità libera ma bassa capacità di ritenzione idrica.

Altri materiali, meno diffusi, sono: argilla espansa, vermiculite, polistirene, zeoliti.

### **La subirrigazione**

Quando la distribuzione della SN non avviene dall'alto, i sistemi di coltivazione su substrato sono a ciclo chiuso. Si descrivono i due più interessanti.

**1) Subirrigazione in canaletta** (Fig. 2d). Con questa tecnica la SN scorre all'interno di una canaletta dotata di pendenza e fuoriesce dalla estremità inferiore confluendo in un serbatoio da cui è rinviata in circolo. Durante il percorso la SN penetra nei vasi attraverso i fori posti sul fondo ed è assorbita dal substrato. Si crea così un flusso di acqua ed elementi nutritivi, dal basso verso l'alto, provocato dall'evaporazione che avviene per risalita capillare contro la forza di gravità. Tutto ciò che la pianta non assorbe è trasportato verso l'alto dove si accumula. Oltre ai vantaggi di ordine economico e soprattutto ambientale (dovuti alla riduzione della lisciviazione di fertilizzanti



e pesticidi), la subirrigazione non altera la composizione della soluzione ricircolante; quindi la gestione della SN si riduce al controllo di pH e conducibilità elettrica e al reintegro dei consumi di SN.

**2) Flusso e riflusso** (fig. 2e): le canalette vengono sostituite con un bancale di coltivazione periodicamente inondato di SN. La durata della bagnatura varia tra 5 e 20 minuti; è bene evitare interventi irrigui troppo lunghi per limitare l'interferenza del substrato sulla composizione chimica della SN. Il sistema, anche se costoso, si presta bene alla meccanizzazione. Inoltre, è possibile utilizzare fino al 90% la superficie della serra.

Altri sistemi a ciclo chiuso che prevedono sempre l'utilizzazione del substrato e di vasi sono il pavimento inondato e il tappetino capillare. Nel primo caso la SN viene immessa direttamente sul pavimento in cemento; nel secondo caso è prevista la posa in opera sul pavimento della serra di un "tappetino assorbente" in grado di imbibirsi rapidamente e cedere altrettanto rapidamente acqua ai vasi.

La programmazione della frequenza e del volume dell'intervento irriguo rappresenta un aspetto rilevante nelle colture su substrato, a differenza dei sistemi in mezzo liquido che non presentano problemi di definizione dei fabbisogni di acqua. L'adozione dei sistemi a ciclo chiuso consente di erogare SN in eccesso rispetto ai fabbisogni della coltura, con maggiore frequenza, senza preoccuparsi dell'impatto ambientale e/o degli sprechi di acqua e nutrienti in quanto entrambi vengono riutilizzati.

Per ottimizzare la programmazione dell'irrigazione è possibile ricorrere a due criteri:

1) misurare direttamente il contenuto di acqua del substrato (mediante tensiometri o sonde);

2) misurare i parametri ambientali e fisiologici che possono essere collegati alla asportazione di acqua da parte della pianta (potenziale dell'acqua, temperatura della pianta, parametri ambientali, drenato).

L'uso del tensiometro risulta semplice, economico e consente anche di automatizzare l'irrigazione (Parente e Santamaria, 2001). Quando si utilizza questo strumento con la subirrigazione è importante posizionare la capsula porosa nel terzo inferiore del vaso in cui è presente la maggior parte dell'apparato radicale impostando valori che variano tra -50 e -80 hPa ma che possono essere anche molto più elevati per scopi particolari (ad esempio per la coltivazione di pomodoro ciliegino). Un modo empirico per verificare la congruità della distribuzione dell'acqua con la subirrigazione in funzione delle esigenze della pianta e dell'ambiente consiste nell'osservare lo strato superficiale del contenitore: non deve risultare eccessivamente bagnato a differenza dello strato immediatamente sottostante che deve essere più umido.

Oltre alla definizione delle variabili irrigue nelle coltivazioni senza suolo è importante monitorare la conducibilità elettrica (CE) e il pH ed eventualmente anche alcuni

elementi nutritivi nella SN ricircolante e nel substrato. Oggi questo tipo di analisi è realizzabile direttamente in azienda, in modo sufficientemente accurato e a costi contenuti ricorrendo a kit diagnostici portatili. Fondamentale è l'adozione di un corretto protocollo di indagine soprattutto nel caso dei substrati. In quest'ultimo caso si può procedere con diversi metodi:

1) estraendo una soluzione acquosa dal substrato mediante un definito rapporto acqua : substrato (per esempio 1:1,5 substrato:acqua in volume; metodo dell'estratto acquoso);

2) recuperando dal fondo del vaso l'acqua deionizzata immessa in quantità definita dalla sommità (metodo del percolato);

in entrambi questi casi viene effettuata la diluizione dei sali presenti all'interno del substrato;

3) utilizzando dei "lisimetri" con cui prelevare e misurare direttamente la soluzione circolante nel substrato di coltivazione.

Opportuni valori guida di riferimento, specifici per ciascun metodo, consentiranno di guidare le scelte dell'operatore.

### **La soluzione nutritiva**

Elemento comune dei sistemi di coltivazione senza suolo è la distribuzione di una SN in grado di fornire alle piante i nutrienti di cui hanno bisogno. Le piante richiedono 16 elementi essenziali per la crescita: carbonio (C), idrogeno (H), ossigeno (O), forniti dall'aria e dall'acqua; fosforo (P), potassio (K), azoto (N), zolfo (S), calcio (Ca), ferro (Fe), magnesio (Mg), boro (B), manganese (Mn), rame (Cu), zinco (Zn), molibdeno (Mo) e cloro (Cl) forniti mediante i fertilizzanti (Santamaria, 2004a). La maggior parte delle specie cresce bene in una SN "universale", ma al punto di vista pratico è impossibile racchiudere in un'unica formula nutritiva tutte le esigenze di una coltura, che variano in funzione di numerosi fattori (Santamaria, 2004b).

### ***Specie, cultivar e forma di allevamento***

Il fabbisogno di nutrienti dipende dalla specie e, nell'ambito di questa, dalla cultivar utilizzata. Per esempio, la lattuga e gli altri ortaggi da foglia richiedono quantità più alte di N rispetto a pomodoro e cetriolo, che invece richiedono dosi maggiori di P, K e Ca. Le cultivar ibride di pomodoro ciliegino richiedono quantità ridotte di N, soprattutto nelle prime fasi vegetative, pena l'eccessiva vigoria e uno sbilanciamento tra fase vegetativa e riproduttiva. La conoscenza del tasso di crescita di una coltura è fondamentale per una corretta scelta e reintegrazione (nei sistemi chiusi) delle soluzioni nutritive. Quanto più elevata è la produzione di sostanza secca da parte delle piante, tanto maggiori sono le esigenze nutritive (Tab. 2) e più facilmente possono insorgere squilibri nutrizionali. Nel caso di colture a tasso di crescita limitato, invece, l'uso di ricette standard trova maggiore fondamento.



**Tabella 2: ritmo di crescita (g s.s. / m<sup>2</sup> giorno<sup>-1</sup>) e concentrazione dei principali elementi (in mM) nella SN**

| Tipologia di pianta      | CGR  | N     | K    | P     | Ca  | Mg    |
|--------------------------|------|-------|------|-------|-----|-------|
| Cucurbitacee e solanacee | 8-20 | 15-20 | 7-10 | 1-2   | 4-6 | 1-2   |
| Fragola                  | 1-5  | 8-10  | 4-5  | 1-1,5 | 1-3 | 1-1,5 |

L'ammonio può essere utilizzato in percentuale maggiore per lattuga, cicoria, sedano e indivia; per il pomodoro, poco tollerante, è bene che la concentrazione di NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sia compresa fra 0 e 3% dell'N totale distribuito (Tab. 3).

**Tabella 3: concentrazioni (mmol/L) di macronutrienti nella SN per diverse specie allevate senza suolo**

| Specie    | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | P-H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---|----------------|------------------|------------------|---------------------------------|
| Pomodoro  | 14,0                           | 1,0                            | 1,0   | 8,0            | 4,0              | 1,5              | 3,0                             |
| Peperone  | 15,0                           | 1,0                            | 1,2   | 8,0            | 3,5              | 1,5              | 1,5                             |
| Melanzana | 15,0                           | 1,0                            | 1,2   | 7,0            | 3,5              | 2,0              | 3,0                             |
| Cetriolo  | 15,0                           | 1,0                            | 1,2   | 7,0            | 4,0              | 1,5              | 1,5                             |
| Melone    | 16,0                           | 1,0                            | 1,2   | 7,0            | 4,0              | 1,5              | 1,5                             |
| Lattuga   | 15-20                          | 2,0                            | 2,0   | 11,0           | 4,5              | 1,0              | 1,0                             |
| Fragola   | 10,0                           | 1,0                            | 1,0   | 5,5            | 3,2              | 1,2              | 1,5                             |

#### **Parte della pianta raccolta**

Il livello di N deve rimanere più basso per le specie che producono frutti rispetto a quelle che producono foglie e/o fiori. Nelle specie da foglia, se aumenta la disponibilità di N aumenta l'accumulo di nitrato, che è tossico per l'uomo (vedi capitolo 'Insalate e IV gamma', in questo libro). Per le specie che sono allevate per la produzione di radici, il K<sup>+</sup> dovrebbe essere più alto (K<sup>+</sup> = 7,7 mM/L).

#### **Stadio di crescita della coltura**

Il rapporto tra i nutrienti nella SN deve essere pari al rapporto con il quale sono assorbiti dalla pianta. La maggior parte degli ortaggi richiede un rapporto K:N nella SN pari a 1,2:1. Anche il pomodoro, quando il primo palco è in fiore, ha la stessa esigenza ma quando la fioritura interessa il nono palco florale, il rapporto

può raggiungere 2,5:1. Il K migliora la qualità dei frutti e l'aroma, ma se in eccesso provoca sulle foglie più vecchie deficienza di Mg, mentre le bacche possono presentare marciume apicale per carenza di Ca.

Alla luce di quanto esposto, le formulazioni dei nutrienti sono spesso modificate nel tempo in rapporto allo stadio fenologico della pianta. Per il pomodoro di solito si utilizzano almeno tre ricette con diversa concentrazione dei macroelementi mentre per il cetriolo di solito si usano due formulazioni, di cui la prima fino all'allegazione dei primi frutti. Anche per gli ortaggi da foglia si usano due formulazioni: la prima, a concentrazione più bassa, è usata durante le prime tre settimane, la seconda successivamente.

### **Ciclo colturale**

Il rapporto K/N dovrebbe essere modificato anche in relazione al clima. Infatti, con radiazione solare elevata le piante usano più N, mentre livelli alti di K durante l'autunno e l'inizio dell'inverno migliorano la qualità dei frutti. E' comune quindi aumentare il rapporto K/N durante l'inverno.

Per migliorare la nutrizione delle colture sulla base delle relazioni tra crescita della coltura e condizioni ambientali si può aumentare la CE della SN (o ridurre la temperatura della serra) durante condizioni di radiazione solare bassa, o riscaldare la parte più alta della vegetazione per guidare la traspirazione e il rifornimento di nutrienti verso le aree della vegetazione che ricevono più luce.

### **Sistema senza suolo utilizzato**

Le SN per i sistemi di allevamento a ciclo chiuso hanno CE e concentrazione di ioni bivalenti più basse in confronto a quelle utilizzate nei sistemi a ciclo aperto (Tab. 4). La ragione è la maggiore velocità di accumulo degli ioni bivalenti presenti nell'ambiente radicale, che modifica il rapporto ionico nella soluzione di drenaggio in confronto alla SN fornita.

**Tabella 4: composizione della SN per pomodoro allevato a ciclo chiuso (CC) o aperto (CA)<sup>1</sup>**

|           | CE     | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | P-H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | Fe       | Zn | B  |
|-----------|--------|--------------------------------|----------------|------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|----------|----|----|
|           | (dS/m) | (mmol/L)                       |                |                  |                  |                                |                                 |   | (µmol/L) |    |    |
| <b>CC</b> | 1,6    | 1,0                            | 6,5            | 2,8              | 1,0              | 10,8                           | 1,5                             | 1,2   | 10       | 4  | 20 |
| <b>CA</b> | 2,6    | 1,2                            | 9,5            | 5,4              | 2,4              | 16,0                           | 4,4                             | 1,5   | 15       | 5  | 30 |

<sup>1</sup> Mn, Cu e Mo sono pari, rispettivamente, a 10, 0,7 e 0,5 µmol/L.

Un altro fattore che deve essere considerato è il sistema di allevamento utilizzato. Nei sistemi su substrato, nell'intervallo tra due interventi irrigui, si verificano fluttuazioni e asportazioni di elementi necessari alla pianta; pertanto le somministrazioni di nutrienti sono più alte. Invece, in un sistema NFT gli ioni asportati dalle radici sono riforniti continuamente. Questo simula la soluzione circolante del terreno e consente livelli di nutrienti molto più bassi.

A parità di specie coltivata, la concentrazione degli elementi nutritivi è più alta quando la SN viene distribuita dall'alto verso il basso (sistemi "drip" su substrato), mentre è più bassa quando è distribuita dal basso verso l'alto (subirrigazione), poiché in quest'ultimo caso non c'è l'effetto dilavante e i sali si concentrano nel substrato per risalita capillare. Infine, per i sistemi senza suolo a ciclo aperto con distribuzione della SN dall'alto verso il basso, la frequenza degli interventi ha un effetto maggiore della concentrazione nutritiva.

#### **La qualità degli ortaggi coltivati senza suolo**

L'impiego di SN consente il pieno controllo del processo di alimentazione idrica e minerale della pianta permettendo di modificare anche il profilo qualitativo dell'ortaggio.

Negli ortaggi da foglia, per esempio, è possibile abbattere il contenuto di  $\text{NO}_3$  mediante l'eliminazione di  $\text{N-NO}_3$  o la sua sostituzione con  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  o  $\text{NH}_4^+$  nella SN nel periodo immediatamente precedente la raccolta (Bonasia *et al.*, 2002). In questo modo, ad esempio, è possibile ridurre il contenuto di nitrato della rucola, che accumula grandi quantità di  $\text{NO}_3$  (anche fino a 10 g/kg di prodotto fresco) intervenendo due-tre giorni prima della raccolta.

Anche se nelle piante non è un elemento costitutivo della sostanza organica, nel pomodoro il K è determinante per la qualità dei frutti. Oltre a quanto già detto, l'incremento di K nella SN aumenta la concentrazione di licopene (antiossidante in grado di diminuire il rischio di malattie cardiovascolari e di alcuni tipi di cancro) nelle bacche di pomodoro (Serio *et al.*, 2007).

Sebbene il silicio (Si) non è un elemento essenziale per le piante superiori in diverse specie sono stati dimostrati i suoi effetti benefici. In cetriolo, carosello e barattiere l'aggiunta di Si nella SN migliora la struttura delle pareti cellulari. Questo rende i tessuti più resistenti agli attacchi di oidio e di altri funghi e determina un generale miglioramento delle condizioni della pianta.

Altri due elementi non essenziali, il sodio (Na) e il selenio (Se), possono contribuire a migliorare la qualità degli ortaggi. Ad esempio, arricchendo di Na la SN si ha nel pomodoro l'aumento della concentrazione di sostanza secca, solidi solubili, zuccheri riduttori, acidità titolabile, composti volatili, caroteni e vitamina C; aggiungendo Se alla SN la valerianella risulta arricchita di un elemento essenziale per l'uomo.

## BIBLIOGRAFIA

- AYALA O., SANTAMARIA P., 2004. Idroponica avveniristica. *Colture Protette*, 34 (5), 49-55.
- BONASIA A., GONNELLA M., SANTAMARIA P., 2002. Nutrizione azotata e contenuto di nitrato degli ortaggi. *Colture Protette*, 31 (Supplemento al n. 12), 20-23.
- ENZO M., GIANQUINTO G., LAZZERIN R., PIMPINI F., SAMBO P., (2001). Principi tecnico agronomici della fertirrigazione e del fuori suolo (coord. Pimpini F). Veneto Agricoltura, Legnaro, Padova, 204 pag.
- GONNELLA M., CHARFEDDINE M., 2002. Anche l'idroponica può aiutare la FAO. *Colture Protette*, 31 (10), 49-50.
- LEONI S., 2003. *Colture senza suolo in ambiente mediterraneo*. Edagricole, Bologna, 278 pag.
- PARDOSSI A., INCROCCI L., MARZIALETTI P., 2004. Uso razionale delle risorse nel florovivaismo. *Quaderno Arsia 5/2004*, Firenze, 284 pag.
- PARENTE A., SANTAMARIA P., 2003. Con il tensiometro irrigazione su misura. *Colture Protette*, 32 (7), 41-46.
- PARENTE A., SANTAMARIA P., 2009. Il caso dei residui spiaggiati di *Posidonia oceanica*: da rifiuto a risorsa (a cura di). Levante Editori, Bari, 201 pag.
- SANTAMARIA P., 2001. Che storia l'idroponica. *L'informatore Agrario*, 54 (41), 43-44.
- SANTAMARIA P., 2004a. Le basi per migliorare la nutrizione vegetale. *Colture Protette*, 33 (1), 69-73.
- SANTAMARIA P., 2004b. Soluzione nutritiva una scelta consapevole. *Colture Protette*, 33 (2), 57-61.
- SANTAMARIA P., 2007. I sistemi di allevamento in vaso con subirrigazione a ciclo chiuso (a cura di). Aracne Editrice, Roma, 127 pag.
- SERIO F., PARENTE, A., LEO L., SANTAMARIA P., 2007. Potassium nutrition increases the lycopene content of tomato fruit. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 82 (6), 941-945.
- TESI R., 2002. *Colture fuori suolo in orticoltura e floricoltura*. Edagricole Bologna, 112 pag.