



## 11/ Concimazione nell'orticoltura su substrato

Céline Gilli e Christoph Carlen  
Agroscope, 1964 Conthey, Svizzera

Contatto: [celine.gilli@agroscope.admin.ch](mailto:celine.gilli@agroscope.admin.ch)

## Indice

1. Introduzione .....	11/3
2. Concimazione raccomandata .....	11/4
2.1 Fertirrigazione a ciclo aperto e a ciclo chiuso .....	11/4
2.2 Composizione della soluzione nutritiva .....	11/5
2.3 Adattamento della soluzione nutritiva .....	11/6
2.4 Distribuzione della soluzione nutritiva .....	11/6
3. Bibliografia .....	11/7
4. Indice delle tabelle.....	11/8
5. Indice delle figure .....	11/8

*In copertina: coltivazione di pomodori su substrato (fotografia: Agroscope).*

## 1. Introduzione

La fertirrigazione (irrigazione fertilizzante) a ciclo chiuso delle colture orticole su substrato garantisce una nutrizione minerale ottimale e aumenta nettamente l'efficacia dell'acqua e degli elementi nutritivi utilizzati. La soluzione nutritiva deve essere equilibrata e va adattata alle esigenze dei diversi stadi di sviluppo della pianta coltivata. Il substrato assicura sostegno alla pianta e funge parzialmente da serbatoio, dal quale la pianta attinge gli elementi nutritivi necessari alla sua crescita. Il substrato deve essere permeabile, ben aerato e resistente (Göhler e Molitor 2002). Oggigiorno, i substrati sono quasi sempre costituiti da materiali organici (corteccia, fibra di legno o di cocco, torba, ecc.) riutilizzabili o riciclabili. Sul mercato si trovano, comunque, anche supporti minerali naturali, come lana di roccia e pozzolana.

La composizione della soluzione nutritiva è complessa e svolge un ruolo centrale per il successo della coltivazione su substrato, soprattutto negli impianti a ciclo chiuso, dove si ricicla la soluzione esausta (Pivot *et al.* 1999; Le Quillec *et al.* 2002). Rispetto alla tradizionale coltivazione di ortaggi in piena terra, quella su substrato presenta i vantaggi seguenti: semplificazione del lavoro (raccolta più agevole, diserbo superfluo), aumento della resa potenziale, migliore controllo della precocità, perdite minori riconducibili a rotazioni problematiche (malattie da rotazione, parassiti, calo di fertilità) e riduzione delle perdite in elementi nutritivi e acqua, nel caso si riciclino le acque di drenaggio negli impianti a ciclo chiuso.

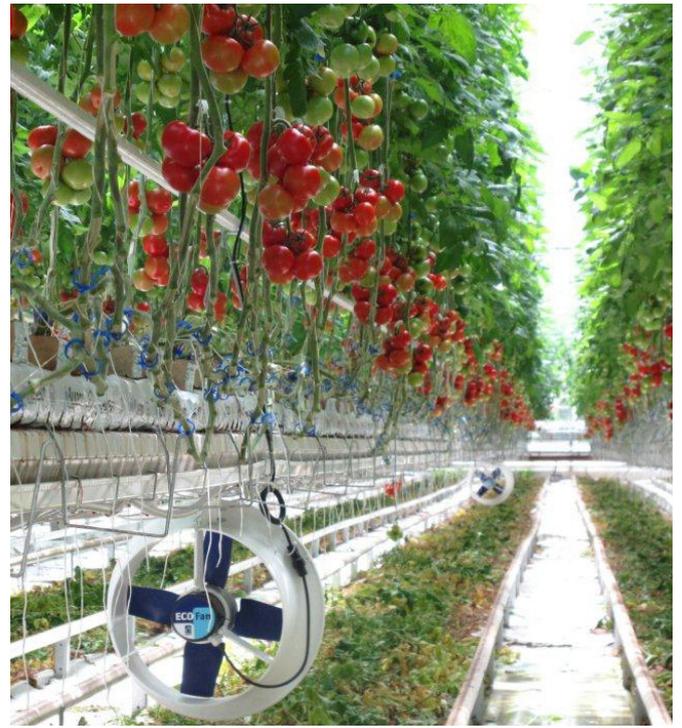


Figura 1. I pomodori sono gli ortaggi su substrato più coltivati in Svizzera (fotografia: Agroscope).

Questo documento contiene le informazioni necessarie per la fertirrigazione delle seguenti colture orticole su substrato: pomodoro, cetriolo, melanzana, peperone e lattuga (Sonneveld 1989; Brajeul *et al.* 2001; Göhler e Molitor 2002; Pivot *et al.* 2005; Urban e Urban 2010; Sonneveld e Voogt 2009) (figure 1, 2 e 3).



Figura 2. Peperoni coltivati su substrato (fotografia: Agroscope).



Figura 3. Cetrioli coltivati su substrato (fotografia: Agroscope).

## 2. Concimazione raccomandata

### 2.1 Fertirrigazione a ciclo aperto e a ciclo chiuso

Gli impianti a ciclo aperto consentono di distribuire una soluzione nutritiva «fresca» ogni volta che si irriga. Le acque di drenaggio (effluenti) devono essere recuperate e riutilizzate per altre colture. Tale riutilizzo presuppone la conoscenza del tenore in elementi nutritivi degli effluenti e deve avvenire nel rispetto dei principi di concimazione delle colture che si intende concimare.

Gli impianti a ciclo chiuso assicurano il riciclaggio dinamico degli effluenti sulla coltura fertirrigata, la cui composizione

varia in funzione dell'assorbimento di acqua ed elementi nutritivi da parte della pianta. Ne possono derivare accumuli di certi elementi e squilibri nutrizionali (Pivot e Gillioz 2004), da cui la necessità di effettuare regolarmente (ogni tre o quattro settimane) analisi complete degli effluenti, per riequilibrare la soluzione nutritiva. Nel complesso, il riciclaggio consente di risparmiare quantità notevoli di acqua e concime. La disinfezione degli effluenti si esegue in funzione del rischio di trasmissione di agenti patogeni. Nelle grandi aziende, la disinfezione è pratica corrente (filtrazione lenta, raggi UV, trattamento con ozono oppure con cloro (Cl), ultrafiltrazione, ecc.) (Göhler e Molitor 2002).

Tabella 1. Massa molare (M) degli elementi chimici utilizzati per la preparazione delle soluzioni nutritive.

Elemento	M g/mol	Elemento	M g/mol	Elemento	M g/mol
N	14,00	O	16,00	Fe	55,85
P	30,97	H	01,00	Mn	54,90
S	32,06	C	12,01	B	10,81
K	39,10	Na	22,99	Cu	63,55
Ca	40,08	Cl	35,45	Mo	95,90
Mg	24,31			Si	28,09

Tabella 2. Composizione minerale, EC e pH di soluzioni nutritive utilizzate per concimare colture orticole su substrato organico tramite impianti di fertirrigazione a ciclo aperto (CA) o a ciclo chiuso (CC) (Sonneveld e Straver 1994; Göhler e Molitor 2002; Pivot *et al.* 2005).

Ortaggio	Piante giovani		Lattuga		Melanzana		Cetriolo		Peperone		Pomodoro	
	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC	CA
EC mS/cm	2,40	2,60	1,70	2,10	1,70	2,20	1,60	2,10	1,60	2,60		
pH	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2
<b>Macronutrienti mmol/l</b>												
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,25	1,25	1,00	1,50	1,00	1,25	0,50	0,50	1,00	1,20		
K <sup>+</sup>	6,75	11,00	6,50	6,75	6,50	8,00	5,75	6,75	6,50	9,50		
Ca <sup>2+</sup>	4,50	4,50	2,25	3,25	2,75	4,00	3,50	5,00	2,75	5,40		
Mg <sup>2+</sup>	3,00	1,00	1,50	2,50	1,00	1,38	1,13	1,50	1,00	2,40		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16,75	19,00	11,75	15,50	11,75	16,00	12,50	15,50	10,75	16,00		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,50	1,13	1,13	1,50	1,00	1,38	1,00	1,75	1,5	4,40		
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,25	2,00	1,00	1,25	1,25	1,25	1,00	1,25	1,25	1,50		
Si <sup>a</sup>	–	0,50	–	–	0,75	0,75	–	–	–	–		
<b>Micronutrienti µmol/l</b>												
Fe	25	40	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Mn	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Zn	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5
B	35	30	25	35	25	25	25	30	20	30		
Cu	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Mo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

<sup>a</sup> facoltativo.

## 2.2 Composizione della soluzione nutritiva

La soluzione nutritiva deve contenere sia macroelementi, come: azoto (N), fosforo (P), potassio (K), zolfo (S), Ca (calcio) e magnesio (Mg) sia microelementi, come: ferro (Fe), manganese (Mn), zinco (Zn), boro (B), rame (Cu) e molibdeno (Mo). Va preparata tenendo conto del valore nutritivo dell'acqua della rete idrica, dal momento che i suoi tenori in elementi minerali possono essere considerevoli e coprire i fabbisogni della coltura in S, Ca e Mg. Il tenore in nutrienti dell'acqua della rete dipende dalla sua origine (sorgente, falda freatica, lago) e può variare sensibilmente, anche nel corso del periodo vegetativo. Nel caso ideale, la conducibilità elettrica (EC) dell'acqua (indice della sua salinità), della rete idrica non dovrebbe superare 0,5 mS/cm. Se supera 1 mS/cm, riciclare la soluzione può diventare problematico. La concentrazione della soluzione nutritiva si esprime in moli o millimoli (tabelle 1 e 2). La mole (mol) è definita come la quantità di sostanza costituita da un numero di entità pari al numero degli atomi presenti in 0,012 kg di carbonio ( $^{12}\text{C}$ ). La massa molare (M) di una sostanza, di uno ione o di un atomo corrisponde alla somma delle masse atomiche in gioco espresse in grammi. Una mole di una sostanza, di uno ione o di un atomo contiene lo stesso numero di entità elementari.

I concimi impiegati per preparare le soluzioni nutritive hanno composizione variabile e possono essere idratati oppure no, mentre la densità e il grado di purezza degli acidi può cambiare in funzione della loro origine. È, quindi, indispensabile controllare la loro composizione quando si eseguono i calcoli per mettere a punto la soluzione nutritiva. Un altro punto importante è verificare la qualità dei concimi scelti, che non devono contenere troppe impurità, né troppi precipitati, carbonati o idrossidi, per evitare la formazione di composti insolubili nelle vasche della soluzione madre (soluzione fertilizzante concentrata).

La concentrazione della soluzione madre è generalmente da 100 a 200 volte maggiore di quella della soluzione nutritiva (tabella 3) ed è limitata dalla solubilità degli elementi che la compongono. Vale la regola secondo cui non si deve miscelare il Ca con concimi contenenti solfati o fosfati per evitare la formazione di precipitati. Per ovviare a questo problema, si preparano le componenti incompatibili della soluzione madre in due vasche separate (figura 4). Gli acidi possono essere diluiti in una terza vasca per facilitare la gestione del pH. L'aggiunta di microelementi, fatta eccezione per il Fe, va fatta nella vasca contenente fosfati e solfati.

**Tabella 3. Preparazione di una soluzione nutritiva per concimare pomodoro su substrato organico tramite impianti di fertirrigazione a ciclo aperto e considerando il tenore in elementi nutritivi presenti nell'acqua.**

Concime per 100 litri di soluzione nutritiva madre (concentrazione: 100 x)	Quantità di elementi nutritivi		
	Vasca A	Vasca B	Vasca C
Diidrogenofosfato di potassio $\text{KH}_2\text{PO}_4$	2,04 kg		
Nitrato di magnesio $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	6,14 kg		
Miscela di microelementi per la coltivazione su substrato	0,15 kg		
Nitrato ammonico $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (Amnitra 18%N)	0,53 l		
Solfato di potassio $\text{K}_2\text{SO}_4$	6,96 kg		
Nitrato di calcio $5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \text{NH}_4\text{NO}_3$		9,3 kg	
Acido nitrico $\text{HNO}_3$ - 60% (d = 1,37)			4 l



Figura 4. Installazione automatizzata per miscelare e gestire la fertirrigazione delle colture orticole in serra (fotografia: Agroscope).

**Tabella 4. Adattamento della soluzione nutritiva durante le prime 4–8 settimane di coltivazione. Sono riportate le differenze, espresse in mmol/l, rispetto alle concentrazioni raccomandate nella tabella 2 per i relativi ortaggi (Pivot *et al.* 2005).**

Nutriente mmol/l	Ortaggio			
	Melanzana	Cetriolo	Peperone	Pomodoro
$\text{NH}_4^+$	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,10
$\text{K}^+$	- 1,00	- 1,00	- 1,00	- 1,00
$\text{Ca}^{2+}$	+ 0,45	+ 0,45	+ 0,45	+ 0,45
$\text{Mg}^{2+}$				+ 0,50
$\text{NO}_3^-$				+ 0,10

### 2.3 Adattamento della soluzione nutritiva

Per favorire la crescita e lo sviluppo ottimale delle colture orticole su substrato, le soluzioni nutritive proposte (tabella 2) vanno adattate secondo i dati riportati nella tabella 4 per le prime 4–8 settimane di coltivazione. In particolare, bisogna aumentare il tenore in Ca e ridurre quello in K. In seguito, quando le piante sono in piena produzione, si può aumentare il tenore in K della soluzione nutritiva per brevi periodi (una settimana circa) da 1 a 2 mmol/l utilizzando nitrato di potassio (KNO<sub>3</sub>). Per correggere e adattare l'apporto di soluzione nutritiva, è



Figura 5. Misura del pH e della conducibilità elettrica (EC) di una soluzione nutritiva (fotografia: Agroscope).

indispensabile analizzarne regolarmente la composizione. Negli impianti a ciclo chiuso, le analisi si effettuano solitamente ogni tre o quattro settimane.

La misura della EC e del pH delle acque di drenaggio permette di verificarne la qualità in modo più semplice (figura 5). L'EC degli effluenti è indice della concentrazione della soluzione nutritiva nel substrato. Si considerano normali valori compresi tra 2,5 e 4,0 mS/cm. L'EC può raggiungere valori anche più elevati (5 mS/cm) in funzione dello stato e dello sviluppo della coltura. Nei periodi molto caldi, la pianta consuma più acqua che elementi nutritivi, mentre avviene il contrario quando la luce scarseggia. L'EC delle acque di drenaggio va controllata giornalmente e adattata di conseguenza. Il pH delle acque di drenaggio deve situarsi tra 5,5 e 7.

Un altro metodo per verificare la correttezza della concimazione consiste nell'analizzare la concentrazione in macro- e microelementi di foglie completamente sviluppate. Per la valutazione dei risultati delle analisi fogliari di pomodori, cetrioli e peperoni si rimanda ai valori di riferimento riportati nella tabella 5.

### 2.4 Distribuzione della soluzione nutritiva

Gli apporti di soluzione nutritiva si adattano principalmente in funzione dello stadio vegetativo della coltura, dell'irraggiamento solare e delle ore di luce giornaliere. Le quantità d'acqua e di elementi nutritivi assorbiti possono variare durante il periodo vegetativo, perciò è indispensabile analizzare regolarmente la composizione della soluzione nutritiva e riequilibrarla in modo da ottimizzare la nutrizione minerale dell'ortaggio considerato. Negli impianti a ciclo aperto, la quantità giornaliera di effluenti si deve situare attorno al 20% della soluzione distribuita, mentre può essere più elevata nel caso di impianti a ciclo chiuso.

Tabella 5. Valori di riferimento (intervallo ottimale) per i risultati dell'analisi fogliare di cetriolo, peperone e pomodoro (macroelementi espressi in % sulla sostanza secca [SS], microelementi in mg/kg sulla SS) (Göhler e Molitor 2002).

Valori di riferimento	Ortaggio		
	Cetriolo	Peperone	Pomodoro
N (%)	3,5–5,5	3,5–4,2	3,2–5,0
P (%)	0,4–0,8	0,4–0,8	0,35–0,7
K (%)	3,0–5,0	5,0–6,0	3,5–5,5
Mg (%)	0,4–0,8	0,4–0,8	0,35–0,7
Ca (%)	2,0–5,5	2,8–3,2	2,0–5,0
Fe (mg/kg)	85–250	110	85–300
Mn (mg/kg)	50–300	55	50–250
B (mg/kg)	45–100	55–100	40–100
Zn (mg/kg)	30–150	–	30–125
Cu (mg/kg)	5–18	–	5–16
Mo (mg/kg)	0,3–2,0	–	0,3–3,0

### 3. Bibliografia

- Brajeul E., Javoy M., Pelletier B. & Letard M., 2001. Le concombre. Monographie. Ctifl, Paris. 349 pp.
- Göhler F. & Molitor H.-D., 2002. Erdelose Kulturverfahren im Gartenbau. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart (Hohenheim). 267 pp.
- Le Quillec S., Brajeul E., Sédilot C., Raynal Lacroix C., Letard M. & Grasselly D., 2002. Gestion des effluents des cultures légumières sur substrat. Ctifl, Paris. 199 pp.
- Pivot D., Reist A. & Gillioz J., 1999. Tomates en serre: substrats réutilisés, solutions recyclées. Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture 31 (5), 265–269.
- Pivot D. & Gillioz J., 2004. Poivron: adaptation de la solution nutritive en système recyclé. Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture 36 (6), 368–372.
- Pivot D., Gilli C. & Carlen C., 2005. Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture 34 (4), 3–8.
- Sonneveld C., 1989. A method for calculating the composition of nutrient solutions for soilless cultures. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw n°10, 3<sup>rd</sup> ed. 13 pp.
- Sonneveld C. & Straver N. B., 1994. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. Voedingsoplossingen glastuinbouw 8, 1–33.
- Sonneveld C. & Voogt W., 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer Science + Business Media B.V. Springer Netherlands. 431 S.
- Urban L. & Urban I., 2010. La production sous serre. Tome 2: L'irrigation fertilisante en culture hors sol, 2<sup>e</sup> édition. Edition Tec&Doc, Paris. 233 pp.

## 4. Indice delle tabelle

Tabella 1. Massa molare (M) degli elementi chimici utilizzati per la preparazione delle soluzioni nutritive. ....	11/4
Tabella 2. Composizione minerale, EC e pH di soluzioni nutritive utilizzate per concimare colture orticole su substrato organico tramite impianti di fertirrigazione a ciclo aperto (CA) o a ciclo chiuso (CC). ....	11/4
Tabella 3. Preparazione di una soluzione nutritiva per concimare pomodoro su substrato organico tramite impianti di fertirrigazione a ciclo aperto e considerando il tenore in elementi nutritivi presenti nell'acqua. ....	11/5
Tabella 4. Adattamento della soluzione nutritiva durante le prime 4–8 settimane di coltivazione. Sono riportate le differenze, espresse in mmol/l, rispetto alle concentrazioni raccomandate nella tabella 2 per i relativi ortaggi. ....	11/5
Tabella 5. Valori di riferimento (intervallo ottimale) per i risultati dell'analisi fogliare di cetriolo, peperone e pomodoro. ....	11/6

## 5. Indice delle figure

Figura 1. I pomodori sono gli ortaggi su substrato più coltivati in Svizzera. ....	11/3
Figura 2. Peperoni coltivati su substrato. ....	11/3
Figura 3. Cetrioli coltivati su substrato. ....	11/3
Figura 4. Installazione automatizzata per miscelare e gestire la fertirrigazione delle colture orticole in serra. ....	11/5
Figura 5. Misura del pH e della conducibilità elettrica (EC) di una soluzione nutritiva. ....	11/6