

16. La fertirrigazione

Giulia Carmassi, Luca Incrocci, Fernando Malorgio

Introduzione

La fertirrigazione è una tecnica che è già ampiamente utilizzata sia in orticoltura sia in floricoltura e che da alcuni anni interessa anche il settore vivaistico.

L'uso della fertirrigazione consente di ottenere produzioni con un elevato standard qualitativo; tuttavia, nell'attuazione di tale tecnica, sono necessari, oltre a investimenti di un certo rilievo (per l'acquisto dei fertirrigatori), alcuni accorgimenti per non correre il rischio di creare squilibri fisiologici alle piante. Presupposto fondamentale è la conoscenza delle esigenze nutrizionali della coltura in esame, sia minerali che idriche, e delle caratteristiche dell'acqua di irrigazione, oltre naturalmente alle conoscenze tecniche necessarie per la preparazione delle soluzioni nutritive e per la gestione dell'impianto di miscelazione (fertirrigatore).

In questo capitolo sono affrontati alcuni aspetti relativi alla fertirrigazione, comprese le nozioni di base relative all'impostazione di un corretto programma di fertirrigazione e alla preparazione di una soluzione nutritiva. Il capitolo si riferisce soprattutto alle colture in contenitore, anche se molti concetti e istruzioni sono trasferibili anche alle colture a terra.

Vantaggi della fertirrigazione

Per fertirrigazione s'intende la somministrazione dei concimi alla coltura insieme all'acqua di irrigazione. Questa tecnica si è diffusa insieme all'irrigazione localizzata (irrigazione a goccia o microaspirazione) che permette di irrigare la pianta in corrispondenza dell'apparato radicale, cioè nella zona interessata dai meccanismi di assorbimento. Tra i vantaggi della fertirrigazione possiamo considerare:

- la distribuzione uniforme degli elementi nutritivi nelle immediate vicinanze dell'apparato radicale;
- il maggiore controllo della nutrizione minerale attraverso la possibilità di intervenire in modo mirato e tempestivo secondo le esigenze nutrizionali della pianta;
- la possibilità di automatizzare le operazioni, con conseguente risparmio di manodopera; una volta impostati i parametri relativi alla concentrazione della soluzione, ai volumi irrigui e ai tempi di intervento, è possibile automatizzare il sistema con l'installazione di apposite centraline elettroniche;
- la riduzione del consumo di fertilizzante (in seguito alla distribuzione localizzata e alla maggiore uniformità di distribuzione) e la riduzione dell'impatto ambientale dovuto alle perdite per lisciviazione e percolamento.

Caratteristiche fondamentali delle acque di fertirrigazione

Alle piante fertirrigate viene somministrata una soluzione nutritiva completa di macro- e micro-elementi preparata impiegando dei miscelatori (fertirrigatori) che provvedono a diluire due o più soluzioni-madre (*stock*) concentrate con l'acqua irrigua e al controllo del pH della soluzione erogata. In commercio, si trovano numerosi tipi di fertirrigatori con diverse caratteristiche tecniche, ma i requisiti essenziali di un fertirrigatore rimangono l'efficienza di miscelazione e la precisione nella misura e nel controllo del pH e della conducibilità elettrica (*EC*).

Il controllo della nutrizione minerale di una coltura fertirrigata coincide in pratica con quello della soluzione nutritiva, che presenta le seguenti caratteristiche:

Tab. 1 - I modi più comuni di esprimere la concentrazione di una soluzione nutritiva

Molarità (M): numero di moli di soluto contenute in un litro di soluzione

• 1 mol/L (M) = 1000 mmol/L (mM)

Normalità (N): numero di grammo-equivalenti di soluto contenuti in un litro di soluzione

• Per uno ione, il peso equivalente è uguale al peso atomico o al peso formula diviso la valenza, cioè il numero di cariche (positive o negative). Ad esempio:

• Calcio (Ca^{2+}): peso atomico = 40; peso equivalente = $40 / 2 = 20$

• Parti per milione (ppm): numero di parti di soluto in un milione di parti di soluzione

• 1 ppm = 1 mg/L = 1 g/m³

Tab. 2 - Confronto tra le concentrazioni (mmol/L) della soluzione circolante di un normale terreno agrario e della soluzione nutritiva impiegate in idroponica e nelle colture *in vitro*

Nutriente	Peso atomico	Terreno	Idroponica
N	14,00	0,5 - 10 (< 2)	5 - 20
P	30,97	0,005 - 0,05	0,5 - 2
K	39,10	0,2 - 52	4 - 10
Ca	40,08	0,5 - 4,0	3 - 6
Mg	24,31	0,2 - 1,0	1 - 2

Tab. 3 - Composizione delle soluzioni nutritive utilizzate per la coltivazione in idroponica di alcune specie ortofloricole caratterizzate da un diverso di tasso di crescita (AGR)

	<i>Cucurbitacee /Solanaee</i>	<i>Fragola/Piante in vaso Fiori recisi</i>
AGR (g sost. secca /m ² giorno)	8 - 20	1 - 5
Concentrazione mmol/L (ppm)		
N	15 - 20 (170 - 280)	8 - 10 (112 - 140)
K	7 - 10 (270 - 390)	4 - 5 (155 - 185)
P	1 - 2 (31 - 62)	1 - 1,5 (31 - 43)
Ca	4 - 6 (160 - 240)	1 - 4 (40 - 160)
Mg	1 - 2 (24 - 48)	1 - 1,5 (24 - 36)
EC (mS/cm)	2,5 - 3,5	1,5 - 2,2

- valori sub-acidi del pH (5,0-6,5), tranne il caso delle piante acidofile per le quali si usano valori più bassi (vedi anche Capitolo 14);
- concentrazioni nutritive relativamente elevate (20-40 mmol/L o 1-2 g/L) (vedi *tab. 1* per una breve illustrazione dei modi di esprimere le concentrazioni saline delle soluzioni nutritive);
- azoto come elemento principale, in genere presente prevalentemente in forma nitrica;
- valore del rapporto molare N/K intorno a 2;
- valori dei rapporti molari K/Ca e K/Mg superiori a quelli effettivi di assorbimento (si tende, cioè, a somministrare il calcio e il magnesio più

di quanto le piante riescano ad assorbire).

L'erogazione della soluzione nutritiva è quasi sempre effettuata sulla base delle esigenze idriche della coltura; la soluzione è, cioè, distribuita quando si ritiene che le piante abbiano bisogno di acqua. Nei sistemi di coltivazione con soluzione nutritiva ricircolante (sistemi chiusi) le reintegrazioni sono effettuate sulla base della misura di EC; di fatto, si cerca di mantenere una determinata soglia di EC, sfruttando la stretta correlazione tra la conducibilità elettrica di una soluzione e la sua concentrazione salina. Di seguito sono riportate alcune equazioni matematiche che descrivono la

relazione tra la *EC* e la concentrazione salina di una soluzione:

1. Equazione di Sonneveld (1999):

$$EC \text{ (mS/cm)} = 0,095 C + 0,19 \quad \text{Eq. 1}$$

dove *C* rappresenta la concentrazione totale (in meq/L) dei cationi (Ca, Mg, K, Na, NH₄), o degli anioni, assumendo un'uguaglianza tra le due.

2. Equazione di Sogni (1990):

$$EC \text{ (mS/cm)} = 1,56 C \quad \text{Eq. 2}$$

dove *C* rappresenta la concentrazione totale di sali espressa in g/L.

L'uso di concentrazioni nutritive elevate, rispetto a quelle tipiche della soluzione circolante di un normale terreno agrario (*tab. 2*), è dovuto alla necessità di garantire una certa riserva minerale e di automatizzare il processo di preparazione della soluzione di fertirrigazione. Come si è detto in precedenza, negli impianti di fertirrigazione si utilizzano sensori di *EC*, che non sarebbero in grado di apprezzare le differenze tra l'acqua irrigua e la soluzione nutritiva, se le concentrazioni nutritive (e quindi l'*EC*) fossero molto inferiori, ad esempio, un decimo di quelle normalmente usate.

D'altra parte, una concentrazione della soluzione nutritiva così elevata può portare la coltura ad assorbire i vari elementi nutritivi più del necessario, determinando dei consumi di lusso e, in alcuni casi, uno squilibrio tra l'attività vegetativa e quella riproduttiva. In ogni caso, l'abbondante disponibilità nutritiva non impedisce che le piante possano comunque manifestare delle carenze minerali; infatti, mantenere una elevata concentrazione nutritiva

nella zona radicale è una condizione necessaria ma non sufficiente per una crescita e uno sviluppo ottimale della pianta.

Un altro aspetto interessante riguarda la composizione della soluzione nutritiva.

È assai diffusa l'idea che ogni specie vegetale abbia particolari esigenze nutritive e che, quindi, sia necessario sviluppare formule nutritive specie-specifiche, quasi delle "ricette". Questa teoria, però, non sembra supportata dai dati sperimentali. In NFT, ad esempio, con la stessa soluzione nutritiva si possono ottenere elevate produzioni su diverse specie in differenti situazioni climatiche. In generale, potremmo dire, che una stessa soluzione nutritiva può essere utilizzata per specie diverse e che una stessa specie può comportarsi nello stesso modo, in termini di accrescimento e di produzione, anche con soluzioni nutritive diverse.

Nella *tab. 3* è riportata, per diversi tipi di colture, una sintesi delle concentrazioni di macroelementi delle soluzioni nutritive riportate da vari autori su riviste, libri, manuali, siti web ecc. Si possono individuare due tipi principali di formula nutritiva, differenziati solo per quanto riguarda le concentrazioni di N e K.

Per le colture ortive da frutto, come le solanacee e le cucurbitacee, caratterizzate da elevati tassi di crescita e produzioni (fino a 20-25 kg di frutti per pianta nel caso del pomodoro) le soluzioni nutritive presentano concentrazioni molto alte di N e di K. Per colture meno vigorose e meno produttive, come le specie ornamentali e la fragola, le formule nutritive hanno concentrazioni inferiori rispetto alle precedenti, pur rimanendo sostanzialmente costante il rapporto N/K (circa 2 in termini molar).

Tab. 4 - Concentrazione (mg/L) di macro e micro-nutrienti in soluzioni nutritive per alcune specie ornamentali coltivate fuori suolo

Elemento minerale	Rosa	Gerbera	Garofano	Crisantemo	Piante in vaso
N-NO ₃ ⁻	150	150	180	140	140
N-NH ₄ ⁺	14	14	14	14	7
P	40	40	40	35	40
K	200	200	240	200	210
Ca	130	130	140	160	120
Mg	25	25	30	25	25
S	50	50	50	50	50
Fe	1,4	2,0	1,4	2,2	1,2
B	0,25	0,35	0,35	0,35	0,25
Cu	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Zn	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Mn	0,55	0,28	0,55	0,55	0,55
Mo	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

La conoscenza del tasso di crescita di una coltura (che dipende dalle caratteristiche genetiche, ambientali e colturali) è fondamentale per scegliere correttamente la soluzione nutritiva da somministrare alla coltura, in particolare nel caso di piante con tasso di crescita elevato. In pratica più rapida è la crescita delle piante, tanto maggiori sono le esigenze nutritive e più facilmente possono insorgere degli squilibri nutrizionali. Invece, nel caso di colture a tasso di crescita limitato la specificità della composizione della soluzione nutritiva è meno importante e l'uso di ricette standard trova maggiore fondamento. Si pensi, ad esempio, agli impianti per l'idrocoltura di piante ornamentali in vaso, dove sono allevate insieme, con un'unica soluzione, centinaia di specie diverse, dai ficus ai cactus, confidando nelle minori esigenze delle piante determinate dal loro ridotto tasso di crescita.

Il problema consiste, quindi, non tanto nell'individuare una formula nutritiva ottimale per le diverse specie, quanto nel determinare le quantità di nutrienti che devono essere somministrate alle piante nelle diverse fasi di sviluppo in funzione delle condizioni colturali e ambientali. La radiazione e la temperatura hanno, ad esempio, una notevole influenza sull'accrescimento della pianta; pertanto, durante le stagioni più favorevoli alla crescita, per la coltura devono essere disponibili maggiori quantità di acqua e di nutrienti. In *tab. 4* sono state, comunque, riportate le composizioni di alcune soluzioni nutritive riportate in letteratura per colture ornamentali; nella stessa tabella è stato riportato anche il *range* di concentrazione dei microelementi.

Nella scelta della soluzione nutritiva da applicare alle piante è importante considerare anche la tolleranza della coltura alla salinità.

Calcolo della composizione della soluzione nutritiva

Di seguito si illustra l'approccio metodologico relativo al calcolo della composizione di una soluzione nutritiva, mentre nel CD allegato al manuale è contenuto un foglio elettronico, *SOL-NUTRI*, per la formulazione di una soluzione nutritiva, sviluppato dal dott. Luca Incrocci dell'Università di Pisa nell'ambito di un progetto di ricerca (IDRO-SUB) finanziato dall'ENEA (le istruzioni per l'uso di *SOL-NUTRI* sono riportate nell'*Appendice E*).

Prima di passare al calcolo vero e proprio della soluzione nutritiva, è necessaria una valutazione della qualità dell'acqua irrigua: pH, concentrazione di car-

bonati e bicarbonati (alcalinità), EC e la concentrazione di ioni nutritivi e non (ad esempio, sodio).

Nella pratica, per attuare la fertirrigazione, vengono preparate due o più soluzioni stock (*tab. 5*) a concentrazione elevata (100-200 volte più della soluzione nutritiva da somministrare alla coltura) utilizzando sali minerali per fertirrigazione (cioè particolarmente puri e solubili) oppure concimi complessi idrosolubili, in genere meno utilizzati per la presenza di azoto ureico e/o ammoniacale in elevata quantità. La *tab. 6* riporta le caratteristiche principali dei sali minerali più utilizzati per la fertirrigazione nelle serre e nei vivai (vedi anche Capitolo 14).

Il calcolo vero e proprio consiste nel determinare le quantità di sali e di acidi da aggiungere all'acqua irrigua per ottenere i valori di concentrazione nutritiva, di EC e di pH desiderati. Per fare questo sono necessari una serie di passaggi:

1. scelta della ricetta nutritiva;
2. calcolo della differenza nella concentrazione dei vari elementi tra la ricetta e l'acqua irrigua;
3. calcolo della quantità di acido (nitrico, fosforico e/o solforico) necessaria all'aggiustamento del pH e delle quantità di N, P, o S apportate con l'acidificazione;
4. calcolo, per ciascun elemento, della quantità di concime da apportare rispettando l'ordine seguente: calcio, ammonio, fosforo, magnesio, nitrato, potassio, solfato, ferro, microelementi.

Per raggiungere le concentrazioni desiderate nella soluzione nutritiva sarà necessario che almeno uno ione sia libero di variare in un certo range. Questo ione è generalmente il solfato, perché le piante sono meno influenzate dalla concentrazione di quest'elemento.

Un esempio di calcolo

L'esempio illustrato di seguito è riassunto nella *tab. 7*. Il calcolo della quantità di acido necessaria per l'aggiustamento del pH tiene conto della concentrazione equivalente di carbonati e/o bicarbonati e del pH desiderato, e si effettua secondo la seguente equazione:

$$[HA] = [HCO_3^-] / (1 + 10^{pH - pKa}) \quad \text{Eq. 3}$$

dove *pKa* (costante di dissociazione dell'acido carbonico) = 6,35.

Dall'equazione risulta che una concentrazione di acido *[HA]* pari al 70% della concentrazione di bicarbonati determina un pH della soluzione di 6.0 (vedi Capitolo 10 per una trattazione più approfondita dell'argomento). Il calcolo, comunque, deve prevedere di lasciare in soluzione almeno 0,5-

Tab. 5 - Suddivisione dei vari fertilizzanti e acidi nei contenitori di soluzione concentrata (l'acido può essere comunque messo in un terzo contenitore separato dai contenitori A e B)

Soluzione A	Soluzione B
Nitrato di calcio	Solfato di magnesio
Nitrato di potassio	Solfato di potassio
Nitrato di magnesio	Fosfato monopotassico
Nitrato ammonico	Fosfato di ammonio
Chelati (Fe, Zn, Cu, Mn)	Acido borico
Cloruro (Na, K)	Nitrati (K, Mg, NH ₄ ⁺)
Silicato di potassio	Microelementi da solfati (Mn, Zn, Cu) (Acido)*

* Eventualmente e se non si usano microelementi in forma chelata.

Tab. 6 - Caratteristiche dei sali minerali più comunemente utilizzati per la fertirrigazione

Nome	Formula	Titolo (%)	Peso formula	Solubilità (kg/100 L) 20°C
Cloruro di calcio	CaCl ₂	36 Ca - 64 Cl	111,1	—
Ferro chelato	FeEDDHA	6 - 7 Fe	932,0	—
Fosfato monopotassico	KH ₂ PO ₄	23 P - 28 K	136,1	22
Nitrato di ammonio	NH ₄ NO ₃	17 N-NO ₃ - 17 N-NH ₄	80,0	192
Nitrato di calcio	5[Ca(NO ₃) ₂ · 2 H ₂ O]NH ₄ NO ₃	14,5 N - 19 Ca	1080,5	122
Nitrato di magnesio	Mg(NO ₃) ₂ · 6 H ₂ O	11 N - 10 Mg	256,3	72
Nitrato di potassio	KNO ₃	13 N - 38,1 K	101,1	35
Solfato di magnesio	MgSO ₄ · 7 H ₂ O	9,9 Mg - S 13	246,3	71
Solfato di potassio	K ₂ SO ₄	43 K - S 17	174,3	12
Urea	CO(NH ₂) ₂	46 N	60,0	100

Fonte: Enzo *et al.*, 2001.

1,0 meq/L di bicarbonati, che determinano il potere tampone della soluzione nutritiva evitando così che possano verificarsi delle diminuzioni improvvise e marcate del pH in seguito a variazioni nell'assorbimento radicale e/o a difetti di funzionamento dell'impianto di fertirrigazione.

Nell'esempio riportato, il contenuto di bicarbonato è di 150 mg/L di bicarbonati e ipotizziamo di voler ottenere un pH finale di 5,8. La concentrazione di bicarbonati deve essere espressa in mg/L; il passaggio da mg/L a meq/L si effettua dividendo la quantità per il peso equivalente del bicarbonato pari a 61:

$$150 \text{ mg/L} / 61 = 2,46 \text{ meq/L}$$

La quantità di acido è, quindi, la seguente:

$$[HA] = [HCO_3^-] / (1 + 10^{pH - 6,35}) = 2,46 / (1 + 10^{5,8 - 6,35}) = 2,46 / 1,28 = 1,92 \text{ meq/L}$$

In base alla concentrazione [HA] si calcola la quantità di acido:

$$Q = [HA] \cdot PE / (10 \cdot D \cdot CA)$$

dove Q è la quantità di acido (mL/L o L/m³) necessaria per raggiungere il pH desiderato, PE il peso equivalente dell'acido, D la densità (kg/L) dell'acido e CA la sua concentrazione (% p/p).

Utilizzando acido nitrico al 65% (p/p), con densità pari a 1,41 g/mL e una concentrazione molare di 14,5 mol/L, sarà necessario:

$$Q = 1,92 \cdot 63 / (10 \cdot 1,41 \cdot 65) = 0,132 \text{ mL/L}$$

Essendo 14 il peso atomico dell'azoto, la quantità di azoto nitrico apportata con l'operazione di neutralizzazione dei bicarbonati è:

$$0,192 \text{ meq/L} \cdot 14 \text{ mg/mL} = 26,9 \text{ mg/L N-NO}_3$$

Calcolati gli apporti di nutrienti derivanti dall'aggiunta dell'acido, si procede al calcolo della quantità di sali da aggiungere alla soluzione nutritiva per avere la ricetta stabilita.

Nel nostro esempio, il primo elemento da bilanciare sarà il calcio. L'acqua ne contiene 61 mg/L, quindi per arrivare alla concentrazione

Tab. 7 - Quadro riassuntivo dell'esempio di calcolo di una soluzione nutritiva

a) Composizione della soluzione nutritiva									
		HCO_3^-	$N-NO_3$	$N-NH_4^+$ mg/L o mL/L	P	K	Ca	Mg	S
Conc. acqua irrigua	-	150,0	-	-	-	3,5	61,0	18,0	10,0
Conc. sol. nutritiva	-		130	10,0	40,0	180	160,0	30,0	50,0
Differenza	-		130	10,0	40,0	176,5	99,0	12,0	40,0
Acido nitrico	0,132 mL		26,9	-	-	-	-	-	-
Nitrato di calcio			75,5	5,2	-	-	99,0	-	-
Nitrato di ammonio			4,8	4,8	-	-	-	-	-
Fosfato mono-K			-	-	40,0	48,7	-	-	-
Solfato di magnesio			-	-	-	-	-	12,0	15,8
Nitrato di potassio			22,8	-	-	66,8	-	-	-
Solfato di potassio			-	-	-	61,0	-	-	24,1
Totale			130	10,0	40,0	180,0	160,0	30,0	49,9
b) Composizione delle soluzioni stock									
Volume del deposito della soluzione stock (V) = 100 L									
Fattore di concentrazione delle soluzioni stock (F) = 100									
		<i>Quantità di sale (kg) o di acido (L) da aggiungere all'acqua per ottenere 100 L di soluzione concentrata 100 volte</i>							
<i>Sali e acidi</i>		<i>Stock A</i>				<i>Stock B</i>			
Acido nitrico		-				1,32			
Nitrato di calcio		5,2				-			
Nitrato di ammonio		0,3				-			
Fosfato monopotassico		-				1,75			
Solfato di magnesio		-				1,2			
Nitrato di potassio		1,75				-			
Solfato di potassio		-				1,5			

della soluzione nutritiva di 160 mg/L ne dobbiamo apportare 99. Utilizzando il nitrato di calcio che contiene il 19% di Ca, il 14,5% di $-NO_3^-$ e 1% di $N-NH_4^+$:

$$99 \text{ mg/L} / 0,19 = 521 \text{ mg/L}$$

di nitrato di calcio che apporteranno anche:

$$521 \text{ mg/L} \cdot 0,145 = 75,5 \text{ mg/L di } N-NO_3^-$$

e

$$521 \text{ mg/L} \cdot 0,01 = 5,2 \text{ mg/L di } N-NH_4^+$$

La ricetta prevede 10 mg/L di $N-NH_4^+$, l'acqua non ne contiene, ma aggiungendo il nitrato di

calcio si apportano 5,2 mg/L e quindi occorreranno 4,8 mg/L di $N-NH_4^+$.

Utilizzando il nitrato di ammonio (17% $N-NO_3^-$ + 17% $N-NH_4^+$):

$$4,8 \text{ mg/L} / 0,17 = 28,2 \text{ mg/L}$$

di nitrato di ammonio, il quale apporterà anche 4,8 mg di $N-NO_3^-$.

Sono necessari poi 40 mg/L di P, e utilizzando il fosfato di potassio (P 23%; K 28%):

$$40 \text{ mg/L} / 0,23 = 174 \text{ mg/L}$$

di fosfato monopotassico che apporterà anche

$$174 \text{ mg/L} \cdot 0,28 = 48,7 \text{ mg/L di K.}$$

Per quanto riguarda il magnesio, la ricetta ne prevede 18 mg/L e considerando la quantità presente nell'acqua di partenza dobbiamo reintegrare 12 mg/L di Mg. Utilizzando il solfato di magnesio (Mg 9,9% e S 13%):

$12 \text{ mg/L} / 0,099 = 121,2 \text{ mg/L}$ di solfato di magnesio, con cui si apportano anche:

$$121,2 \cdot 0,13 = 15,8 \text{ mg/L di S.}$$

Rimangono da bilanciare due macroelementi, il nitrato e il potassio. Cominciando dal nitrato, utilizzando il nitrato di potassio (N = 13%; K 38,1%) e il solfato di potassio (K 43%; S 17%) e considerando le quantità già apportate, ne rimangono da aggiungere 22,8 mg/L:

$$22,8 \text{ mg/L} / 0,13 = 175,4 \text{ mg/L}$$

di nitrato di potassio che apportano anche:

$$175,4 \text{ mg/L} \cdot 0,381 = 66,8 \text{ mg/L di K}$$

L'apporto di potassio necessario per arrivare alla quantità prevista nella ricetta è di 61,0 mg/L:

$$61,0 \text{ mg/L} / 0,43 = 141,86 \text{ mg/L}$$

di solfato di potassio che apportano:

$$141,86 \text{ mg/L} \cdot 0,17 = 24,1 \text{ mg/L di S.}$$

In base alle quantità di sali (S, mg o mL/L) e acidi necessari per raggiungere le concentrazioni nutritive desiderate, il volume dei contenitori (V, litri) delle soluzioni stock e del fattore di concentrazione (F) di queste ultime (mai superiore a 200-250 volte), si procede al calcolo delle quantità (Q, kg) dei vari sali da sciogliere (tab. 7b):

$$Q = S \cdot V \cdot F / 1.000.000$$

Ad esempio, nel caso dell'esempio precedente, per il nitrato di calcio, nella soluzione stock (100 litri; F = 100) si scioglieranno:

$$521 \text{ mg/L} \cdot 100 \cdot 100 / 1.000.000 = 5,2 \text{ kg.}$$

Preparazione della soluzione nutritiva

Nella preparazione delle soluzioni *stock*, i principali problemi che si incontrano sono la precipitazione dei sali a base di calcio (solfati e fosfati) e la degradazione chimica delle molecole organiche dei chelati del ferro e dei microelementi quando il pH della soluzione stock è eccessivamente basso (per l'aggiunta di acidi).

Per risolvere questi problemi occorre preparare tre soluzioni stock separate, chiamate soluzione A, B e acida (tab. 5). Normalmente nel contenitore A si mettono i sali di calcio, il chelato di ferro ed eventualmente i sali contenenti cloruro; nel contenitore B, invece, tutti i sali a base di solfato (compresi i microelementi), fosfato ed eventualmente parte dei sali a base di nitrato, come nitrato di potassio, magnesio o ammonio, in modo da ripartire egualmente la quantità totale di sali da sciogliere nei due contenitori.

Per evitare precipitazioni occorre sciogliere i sali singolarmente, possibilmente in acqua tiepida, leggermente acidificata. Fondamentale rimane, comunque, dotare i serbatoi delle soluzioni stock di agitatori meccanici che provvedono ad agitare periodicamente e in occasione di ogni intervento irriguo le soluzioni.

Il calcolo precedentemente riportato si riferisce alla preparazione di una specifica ricetta nutritiva



Impianto di fertirrigazione di un grande vivaio pistoiese

utilizzando sali semplici; tuttavia è possibile preparare la soluzione nutritiva da somministrare alla coltura utilizzando concimi idrosolubili complessi già bilanciati.

Se ad esempio vogliamo preparare una soluzione nutritiva che contenga 150 mg/L di azoto (si ricorda che 1 mg/L = 1 ppm = 1 g/m³) utilizzando un concime complesso 15:5:30 (le percentuali sono da intendersi come 15% di N, 5% di P₂O₅, 30% di K₂O) dobbiamo proseguire nel modo seguente:

$$150 \text{ g/m}^3 / 15 \cdot 100 = 1000 \text{ g/m}^3$$

Con 1 kg del suddetto concime si apportano anche:

$$1000 \cdot 5/100 = 50 \text{ g/m}^3 \text{ di P}_2\text{O}_5$$

(ossido fosforico o anidride fosforica)

$$1000 \cdot 30/100 = 300 \text{ g/m}^3 \text{ di K}_2\text{O} \text{ (ossido di K)}$$

per passare poi all'elemento puro:

$$P \text{ (mg/L)} = 50 \text{ g/m}^3 \text{ di P}_2\text{O}_5 \cdot 0,44 = 22$$

$$K \text{ (mg/L)} = 300 \text{ g/m}^3 \text{ di K}_2\text{O} \cdot 0,83 = 249$$

Per il passaggio dalle concentrazioni da mg/L a kg di concimi da utilizzare per le soluzioni stock si procede come sopra.

Conclusioni

In considerazione dei numerosi vantaggi, la fertirrigazione si sta diffondendo sempre di più nelle aziende florovivaistiche non solo per le colture in contenitore ma anche per quelle a terra. Presupposti essenziali per interventi efficaci ed efficienti sono l'installazione corretta di un sistema di miscelazione adeguato e una sua attenta manutenzione, l'uso di sali e/o concimi caratterizzati da un'elevata purezza e solubilità e, infine, una conoscenza precisa delle esigenze fisiologiche della coltura, anche in relazione alle condizioni climatiche.

Bibliografia

1. AENDEKERK T. (1997). *Fertilization guide for nursery crops*. Boomteelt, Praktijkonderzoek, Boskoop, The Netherlands.
2. BARBIERI G., DE PASCALE S. (1992). *Salinità delle acque di irrigazione e colture orto-floricole*. Colture Protette 2, 75-81.
3. ENZO M., GIANQUINTO G., LAZZERIN R., PAMPINI F., SAMBO P. (2001). *Principi tecnico-agronomici della fertirrigazione e del fuori suolo*. Veneto Agricoltura.
4. MAAS E.V., HOFFMAN G.J. (1977). *Crop salt tolerance-current assessment*. Journal of Irrigation and Drainage Div. 103, 115-134.
5. MALORGIO F., TOGNONI F. (2001). *Problematiche relative alla gestione della soluzione nutritiva in specie da fiore reciso coltivate in idroponica. Strategie per la riduzione dell'impatto ambientale*. Convegno sulle colture floricole fuori suolo, 81-92. Ercolano, novembre 2000.
6. MALORGIO F., VERNIERI P., TOGNONI F. (2002). *Note tecniche di coltivazione delle specie da fronda recisa*. Foglie e fronde in Toscana. Edizioni ACE international, Vernasca.
7. MARZIALETTI P., PARDOSSI A. (2003). *La gestione dell'irrigazione e della concimazione nelle colture florovivaistiche*. L'Informatore Agrario 21, 45-51.
8. MINUTO A., GARIBALDI A. (2001). *La disinfezione delle soluzioni nutritive nel sistema a ciclo chiuso delle colture fuori suolo. Strategie per la riduzione dell'impatto ambientale*. Convegno sulle colture floricole fuori suolo, 81-92. Ercolano, novembre 2000.
9. PARDOSSI A., BECCATELLI M., MALORGIO F., TOGNONI F. (1994). *La gestione della soluzione nutritiva in colture senza suolo a ciclo chiuso*. L'Informatore Agrario 44, 43-56.
10. SOGNI S. (1990). *La salinità delle acque di irrigazione*. L'Informatore Agrario 20, 37-46.
11. SONNEVELD C., VOOGT W., SPAANS L. (1999). *An universal algorithm for calculation of nutrient solutions*. Acta Horticulturae 481, 331-339.
12. SONNEVELD C. (2000). *Effect of salinity on substrate grown vegetables and ornamental in greenhouse horticulture*. Ph. D. Thesis, Wageningen University.
13. ZUCCARI D., DI NOIA M., SIVIERO P. (2000). *Linee guida e sistemi per la fertirrigazione in orticoltura*. L'Informatore Agrario 22, 33-36.