

8. L'acqua irrigua: campionamento, analisi chimico-fisiche e interpretazione dei risultati

Stefano Landi, Paolo Baroncelli

Introduzione

L'analisi dell'acqua irrigua¹ è un presupposto fondamentale per la produzione florovivaistica: è necessaria per evitare eventuali fenomeni di fitotossicità per le coltivazioni, per razionalizzare la concimazione (soprattutto nel caso della fertirrigazione) e decidere se installare o meno un particolare impianto di trattamento per l'acqua.

Di seguito si illustra come prelevare correttamente un campione, come orientarsi sul tipo di analisi più adatta alla specifica situazione e come interpretarne i risultati.

Il campionamento

L'analisi può essere fatta in qualsiasi periodo dell'anno, ma si deve tenere presente che le caratteristiche dell'acqua possono variare sensibilmente in funzione della piovosità stagionale, in particolare nel caso di fonti idriche superficiali. Se non si conosce il comportamento del proprio pozzo è quindi opportuno fare inizialmente almeno due analisi per indagare eventuali variazioni della composizione dell'acqua: una in un periodo piovoso e l'altra in uno siccitoso. In seguito sarà sufficiente ripetere il controllo in laboratorio ogni 1-3 anni, eseguendo comunque delle verifiche periodiche del pH e della conducibilità elettrica (*EC*) con l'ausilio di strumenti portatili facili da usare e poco costosi, che ogni azienda non può non possedere.

Il campionamento di acqua a uso irriguo è molto semplice, ma è necessario rispettare alcune norme fondamentali:

1. il pozzo deve essere stato realizzato da almeno alcune settimane e deve essere utilizzato regolarmente; se fosse a riposo da tempo, occorre metterlo in funzione per alcuni giorni prima del campionamento;
2. prima di prelevare il campione, l'acqua deve scorrere per alcuni minuti;
3. si deve usare una bottiglia pulita in polietilene della capacità di almeno 1 litro (da riempire completamente); poiché per alcune determinazioni può essere necessaria una quantità superiore, si consiglia di contattare preventivamente il laboratorio per avere informazioni più dettagliate.

Il campione deve essere inviato rapidamente al laboratorio con un'etichetta che riporti i dati fondamentali dell'azienda e della coltura, il nome o il numero che identifica la fonte idrica, e il tipo di analisi da eseguire. È opportuno ridurre al minimo i tempi di conservazione; se, per particolari motivi, si dovessero superare 1-2 giorni si consiglia di contattare il laboratorio per farsi indicare le modalità più opportune per la conservazione, che sono diverse secondo i parametri che dovranno essere ricercati.

I parametri analitici rilevanti

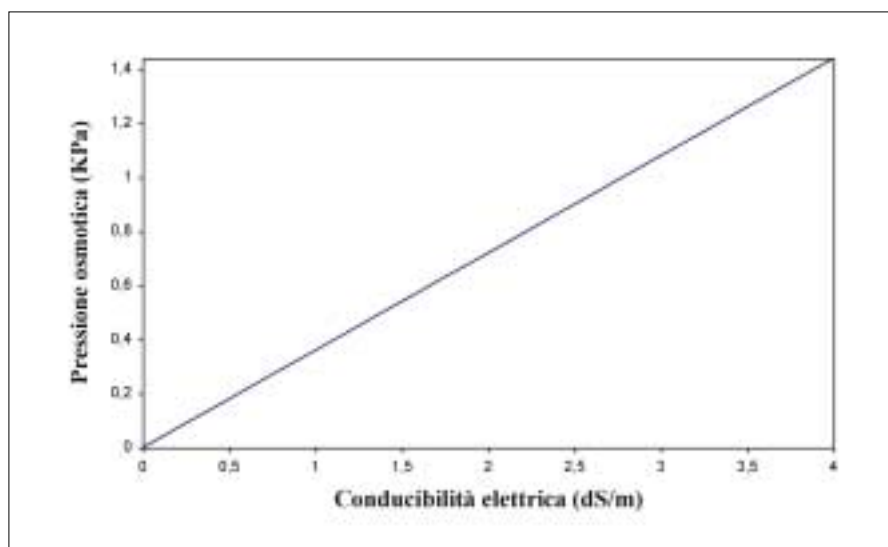
La scelta dei parametri da richiedere al laboratorio (*tab. 1*) è il risultato di un compromesso tra la necessità di raccogliere più informazioni possibili e il loro costo. Tanto per dare un'idea, un'analisi piuttosto completa (quella suggerita per la fertirrigazione in *tab. 3*) può costare da 90 a 250 euro

¹ I "Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico" sono stati introdotti con il D.M. del 23 marzo 2000 e pubblicati sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 87 del 13 aprile 2000.

Tab. 1 - Analisi chimiche dell'acqua irrigua: significato dei parametri analitici principali

Parametro	Simbolo chimico o sigla	Significato
		<i>Acidità o basicità</i>
pH		Esprime l'acidità o basicità dell'acqua; il valore 7,0 corrisponde alla neutralità, valori inferiori indicano acidità mentre valori superiori indicano basicità.
Conducibilità elettrica o residuo fisso o sali totali disciolti	EC STD	<i>Salinità</i> Indicano la quantità complessiva di sali presenti. Il più semplice da determinare è la EC che consente una prima valutazione della qualità dell'acqua (per la conversione vedi <i>tab. 5</i>).
		<i>Sostanze caratterizzanti</i>
Calcio	Ca ²⁺	Vengono assorbiti in quantità notevole dalle piante e non sono tossici nemmeno ad elevate concentrazioni; tuttavia – se presenti in notevole quantità – reagiscono con carbonati e bicarbonati a formare il calcare che si deposita nelle tubazioni, sugli ugelli e sulle foglie.
Magnesio	Mg ²⁺	La somma delle concentrazioni di Ca e Mg rappresenta la durezza totale (vedi <i>tab. 5</i>).
Sodio	Na ⁺	Viene assorbito dalle piante – e addirittura indispensabile a basse concentrazioni – ma in genere rappresenta un problema perché tende ad accumularsi nel suolo/substrato e provoca effetti tossici sulla vegetazione e un peggioramento delle caratteristiche fisiche del suolo.
Cloruri	Cl ⁻	Vengono assorbiti dalle piante – per le piante superiori sono addirittura indispensabili a basse concentrazioni – ma nella quasi totalità dei casi rappresentano un problema perché tendono ad accumularsi nel suolo o nel substrato e provocano effetti tossici sulla vegetazione.
Carbonati e Bicarbonati	CO ₃ ²⁻ HCO ₃ ⁻	Un progressivo accumulo nel suolo o nel substrato provoca un aumento del pH. In presenza di calcio e magnesio il carbonato forma composti insolubili (calcare) che possono provocare problemi agli impianti idraulici e incrostazioni sulle lamine fogliari. Vengono indicati anche con il termine "alcalinità". I carbonati sono presenti solo se il pH è superiore ad 8,0-8,3.
Solfati	SO ₄ ²⁻	Lo zolfo (S) è un elemento indispensabile per la vita delle piante e viene assorbito – come solfato – in notevoli quantità, tuttavia talvolta la concentrazione presente nell'acqua è eccessiva e possono verificarsi accumuli nel suolo o nel substrato con conseguente aumento della salinità; possono formarsi depositi fogliari.
		<i>Macro- e micro-nutrienti</i>
Azoto nitrico	NO ₃ ⁻ -N	Sono i nutrienti assorbiti in maggiore quantità dai vegetali. Difficilmente arrivano a concentrazioni tossiche tuttavia può essere importante conoscerne la concentrazione nell'acqua irrigua per tenerne conto nel piano di concimazione, soprattutto se si usa la fertirrigazione.
Azoto ammoniacale	NH ₄ ⁺ -N	
Fosfati	PO ₄ ³⁻	
Potassio	K ⁺	
Ferro	Fe	Sono elementi importanti per la vita delle piante ma in concentrazione eccessiva formano precipitati di colore rossastro o bruno-rossastro che possono danneggiare gli impianti e sporcare le foglie provocando, a bassi livelli, un decadimento commerciale del prodotto e ad alti livelli, una pronunciata riduzione dello sviluppo fogliare e quindi dell'intera pianta.
Manganese	Mn	
Rame	Cu	Indispensabili – a bassa concentrazione – per la vita delle piante, possono facilmente raggiungere concentrazioni tossiche, variabili a seconda della specie. Possono causare danni anche per accumulo sulla superficie fogliare.
Zinco	Zn	
Boro	B	
Molibdeno	Mo	
		<i>Sostanze tossiche</i>
Tensioattivi anionici	MBAS, BIAS	Sono contenuti nei detersivi, possono essere tossici per le piante.
Altri metalli:		
Cadmio, Cromo, Nichel, Piombo, Mercurio	Cd, Cr, Ni, Pb, Hg	Sono alcuni dei cosiddetti "metalli pesanti", oltre certi limiti tossici per l'uomo e per le piante.
Fluoruri	F ⁻	Può essere tossico oltre determinate concentrazioni.
		<i>Parametri legati al rischio di occlusione dei gocciolatori</i>
Solidi totali sospesi o materiali in sospensione totali	STS TSS	Sono materiali inorganici (sabbia, limo, argilla) o organici che possono creare problemi di occlusione negli impianti idraulici.
Colonie a 22°C		(vedi <i>tab. 2</i>)

Fig. 1 - Relazione approssimativa tra EC e pressione osmotica



e anche più a seconda dell'area geografica e del tipo di laboratorio. La scelta, perciò, non è sempre facile e deve essere fatta in funzione di:

- dati analitici precedenti;
- motivo per il quale si richiede l'analisi;
- caratteristiche aziendali (specie coltivate, tecnica colturale ecc.);
- caratteristiche del territorio.

Semplificando, possiamo dire che le caratteristiche dell'acqua possono essere classificate in quattro gruppi (tab. 1):

pH - conducibilità elettrica (EC)

Permettono una prima valutazione dell'acqua; sono molto importanti, ma non sufficienti per un giudizio accurato. La EC è in relazione con il contenuto complessivo di sali che, a sua volta, è legato alla pressione osmotica (fig. 1).

Concentrazione di sostanze caratterizzanti

Consentono di classificare l'acqua per i suoi effetti sul suolo/substrato, sulla coltivazione e sugli impianti idraulici; è sempre consigliabile chiedere la determinazione di questi parametri.

Concentrazione di macro- e microelementi

Ci informano sul "potere fertilizzante" dell'acqua e indicano i possibili rischi di tossicità legati alla concentrazione dei microelementi, dipendente anche dal pH dell'acqua (i rischi aumentano al diminuire del pH). Questi parametri sono da determinare se si vuole gestire la concimazione in modo accurato o se il territorio presenta particolari rischi. Ad esempio, in alcune zone delle province di Livorno e Grosseto, spesso si riscontrano elevate concentrazioni di boro. In questo senso i dati messi a disposizione da aziende vicine con pozzi a profondità simili può essere molto utile.

Tab. 2 - Altri parametri da considerare nelle analisi delle acque irrigue

Parametro	Significato
Coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali	Sono i principali indicatori di contaminazione microbiologica dell'acqua, in quanto generalmente legati a inquinamento di origine fognaria. La loro consistente presenza nell'acqua irrigua (> 1000 UFC/100 mL) viene considerata un problema solo se le colture sono destinate a uso alimentare; ci sembra comunque prudente valutare i possibili rischi igienici-sanitari legati alla distribuzione anche nel caso di colture florovivaistiche.
Colonie a 22°C	Indica il numero totale dei batteri presenti nell'acqua, valori superiori a 10.000 UFC/mL possono indicare un rischio di occlusione degli ugelli.
COD (Chemical Oxygen Demand; mg/L)	Rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per ossidare - per azione chimica - le sostanze organiche presenti nell'acqua, è quindi un indicatore della quantità di sostanze organiche presenti. Molto utilizzato nelle analisi degli scarichi.
BOD (Biochemical Oxygen Demand; mg/L)	Rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per ossidare - per azione batterica - le sostanze organiche presenti nell'acqua, è quindi un indicatore della quantità di sostanze organiche biodegradabili presenti. Molto utilizzato nelle analisi degli scarichi.

Tab. 3 - Linee guida per la scelta del tipo di analisi chimica dell'acqua irrigua

Parametro	Valutazione iniziale	Colture intensive	Fertirrigazione	Progettazione impianti di trattamento acque
<i>ACIDITÀ O BASICITÀ; SALINITÀ</i>				
pH	•	•	•	•
EC o residuo fisso	•	•	•	•
<i>SOSTANZE CARATTERIZZANTI</i>				
Calcio	•	•	•	•
Magnesio	•	•	•	•
Sodio	•	•	•	•
Cloruri	•	•	•	•
Carbonati/bicarbonati (alcalinità)	•	•	•	•
Solfati	•	•	•	•
<i>MACRO- E MICRO-NUTRIENTI</i>				
Azoto nitrico			•	•
Azoto ammoniacale			•	•
Fosfati			•	•
Potassio			•	•
Ferro	•	•	•	•
Manganese		•	•	•
Rame		•	•	•
Zinco		•	•	•
Boro	o	•	•	•
Molibdeno	o	o	o	o
<i>SOSTANZE TOSSICHE</i>				
Tensioattivi	o	o	o	o
Cadmio, Cromo, Nichel, Piombo, Mercurio	o	o	o	o
Fluoruri	o	o	o	o
<i>PARAMETRI LEGATI AL RISCHIO DI OCCLUSIONE DEI GOCCIOLATORI</i>				
Solidi sospesi				•
Colonie a 22°C (tab. 2)				o

Legenda: • = sempre necessario; o = necessario in zone a rischio.

Concentrazione di sostanze tossiche

Si tratta di sostanze generalmente non presenti in quantità pericolose nelle acque, ma che talvolta possono rappresentare un problema; si consiglia di determinarle solo se si sospettano inquinamenti. I metalli pesanti possono essere di origine geologica, ma talvolta sono frutto di attività umane. Ci sono anche altri parametri che possono essere indagati, ma sono poco considerati per le acque irrigue. Alcuni di questi sono riportati nella *tab. 2*.

Il significato dei vari parametri è riportato in modo schematico nella *tab. 1*. Non è comunque possibile indicare a priori una tipologia di analisi valida per ogni situazione e in genere è preferibile ricorrere al consiglio di un tecnico. La *tab. 3* propone dei criteri per scegliere, nelle diverse situazioni, il tipo di analisi; sono, ovviamente, suggerimenti di carattere generale, che devono essere adattati alla singola realtà aziendale.

La valutazione dei risultati

L'interpretazione di un certificato di analisi può apparire complessa ai non addetti ai lavori, per diversi motivi.

Una prima difficoltà risiede nell'individuare i "valori limite", cioè le concentrazioni oltre le quali una certa sostanza può divenire dannosa. Le specie coltivate, infatti, hanno diversa tolleranza e inoltre la tecnica colturale influisce in modo determinante su questa soglia. Un certo contenuto di sali, ad esempio, può essere pericoloso per una coltivazione in serra, ma non per una in pien'aria che viene periodicamente dilavata dalle piogge.

In secondo luogo, la valutazione della qualità di un'acqua irrigua deve essere fatta valutando le relazioni che intercorrono tra i vari parametri. Ad esempio, un determinato contenuto di sali può essere tollerabile se gli ioni presenti sono soprattutto

Tab. 4a - La valutazione dei risultati dell'analisi

Parametro	Unità di misura	Limiti per colture di serra	Limiti per colture di pieno campo	Accumulo in suolo o substrato	Rischi in caso di superamento dei limiti			Altri	Possibili interventi
					Otturazione ugelli	Depositi sulle foglie	Tossicità		
pH		6,0 - 8,0	6,0 - 8,0				pH elevato: riduzione dell'efficacia dei fitofarmaci. pH basso: effetti corrosivi	• Acidificazione	
EC	dS/m (25°C)	< 0,75	< 1,50	•	• per pH elevati	•		• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore	
Calcio	ppm	< 150			•	•		• Osmosi inversa • Acidificazione • Taglio con acqua migliore	
Magnesio	ppm	< 35						• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore	
Sodio	ppm	< 50	< 150	•		•		• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore	
Cloruri	ppm	< 50	< 200	•		•		• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore	
Carbonati e Bicarbonati	ppm	< 250		•		•		• Acidificazione	
Solfati	ppm S	< 50	< 300	•		•		• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore	
Ferro	ppm	< 1,0	< 3,0			•	Intasamento delle membrane per osmosi inversa	• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore • Vasche di ossidaz. • Defertizzatori	
Manganese	ppm	< 0,6	< 2,0	•		•	Intasamento delle membrane per osmosi inversa	• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore • Vasche di ossidaz. • Demanganizzatori	
Rame	ppm	< 0,3	< 1,0	•		•		• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore	

Tab. 4b - La valutazione dei risultati dell'analisi

Parametro	Unità di misura	Limiti per colture di serra	Limiti per colture di pieno campo	Accumulo in suolo substrato	Rischi in caso di superamento dei limiti			Altri	Possibili interventi
					Otturazione ugelli	Depositi sulle foglie	Tossicità		
Zinco	ppm	< 0,3	< 3,0	•				• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore	
Boro	ppm	< 0,3	< 2,0	•				• Osmosi inversa • Taglio con acqua migliore	
Molibdeno	ppm	< 0,05	< 0,05	•				• Taglio con acqua migliore	
Tensioattivi	ppm	< 0,5	< 0,5	•					
Cadmio	ppm	< 0,01	< 0,01	•					
Cromo	ppm	< 0,1	< 0,1	•					
Nichel	ppm	< 0,2	< 0,2	•					
Piombo	ppm	< 5,0	< 5,0	•					
Mercurio	ppm	< 0,002	< 0,002	•					
Fluoruri	ppm	< 1,0	< 1,0	•				• Osmosi inversa	
Solidi sospesi	ppm	< 30	< 30		•	•		• Filtrazione	

Tab. 5 - Fattori di conversione tra le unità di misura più frequentemente utilizzate per i parametri presi in considerazione nelle analisi chimiche delle acque irrigue

Parametro	Unità di misura più utilizzate	Conversioni
Concentrazione di sali, ioni e nutrienti	1 ppm = 1 mg/L = 1 g/m ³	STD (g/L) = residuo fisso (g/L) ≈ 0,64 • EC (dS/m)
Conducibilità elettrica (EC)	µS/cm; mS/cm; dS/m	1000 µS/cm = 1 mS/cm = 1 dS/m
Calcio (Ca ²⁺)	ppm; mmoli/L; meq/L	mmoli/L = ppm / 40 meq/L = ppm / 20
Magnesio (Mg ²⁺)	ppm; mmoli/L; meq/L	mmoli/L = ppm / 24,3 meq/L = ppm / 12,15
Sodio (Na ⁺)	ppm; mmoli/L; meq/L	mmoli/L = meq/L = ppm / 23
Durezza totale	ppm di CaCO ₃ °F (gradi francesi): 1 °F = 10 mg/L di Ca + Mg (come CaCO ₃) °dH (gradi tedeschi): 1 °dH = 10 mg/L di Ca + Mg (come CaO)	ppm di CaCO ₃ = ppm Ca • 2,5 + ppm Mg • 4,1 °F = ppm CaCO ₃ / 10 °dH = °F / 1,79
Cloruri (Cl)	ppm; mmoli/L; meq/L	mmoli/L = meq/L = ppm / 35,45
Bicarbonati (HCO ₃ ⁻)	ppm; mmoli/L; meq/L	mmoli/L = meq/L = ppm / 61
Solfati (SO ₄ ²⁻ -S)	ppm di S; ppm SO ₄ ²⁻ ppm; mmoli/L; meq/L	ppm S = ppm di SO ₄ ²⁻ / 3 mmoli/L = ppm S / 32 meq/L = ppm S / 16
Azoto nitrico (NO ₃ ⁻ -N)	ppm N; ppm NH ₄ ⁺ ; mmoli/L; meq/L	ppm di N = ppm di NO ₃ ⁻ / 4,43 mmoli/L = meq/L = ppm N / 14
Azoto ammoniacale (NH ₄ ⁺ -N)	ppm N; ppm NH ₄ ⁺ ; mmoli/L; meq/L	ppm N = ppm NH ₄ ⁺ / 1,28 mmoli/L = meq/L = ppm N / 14
Fosfati (PO ₄ ³⁻ -P)	ppm P; ppm P ₂ O ₅ ; ppm PO ₄ ³⁻ ; mmoli/L	ppm P = ppm P ₂ O ₅ / 2,29 ppm P = ppm PO ₄ ³⁻ / 3,07 mmoli/L = ppm P / 30,97
Potassio (K ⁺)	ppm K; ppm K ₂ O; moli/L; meq/L	ppm K = ppm K ₂ O / 1,2 mmoli/L = meq/L = ppm K / 39,1
Ferro (Fe)	ppm; µmoli/L	µmoli/L = ppm / 0,0558
Manganese (Mn ²⁺)	ppm; µmoli/L	µmoli/L = ppm / 0,0549
Rame (Cu ²⁺)	ppm; µmoli/L	µmoli/L = ppm / 0,0635
Zinco (Zn)	ppm; µmoli/L	µmoli/L = ppm / 0,0654
Boro (B)	ppm; µmoli/L	µmoli/L = ppm / 0,010
Molibdeno (Mo)	ppm; µmoli/L	µmoli/L = ppm / 0,0959

Legenda: µS/cm: microSiemens per centimetro, mS/cm: milliSiemens per centimetro; dS/m: deciSiemens per metro;
ppm: parti per milione; mg/L: milligrammi per litro; mmoli/L: millimoli per litro; µmoli/L: micromoli per litro;
meq/L: milliequivalenti per litro.

to calcio e magnesio e invece pericoloso se a prevalere sono sodio e cloruri.

I “valori limite” riportati nella *tab. 4* (differenziati tra coltivazione in serra e coltivazione in pien’aria) sono quindi semplicemente indicativi e rappresentano uno strumento sufficiente solo per una prima valutazione: il parere di un tecnico, che conosca nel dettaglio la realtà aziendale, può certamente essere più accurato

Infine, le unità di misura utilizzate per esprimere i risultati possono essere diverse, rendendo difficoltosa la comparazione tra più analisi o tra una analisi e una serie di “valori limite”; la *tab. 5* ripor-

ta le formule per la conversione tra le unità di misura più frequentemente utilizzate e per i parametri più importanti.

pH, alcalinità e acidificazione dell’acqua

Nella pratica irrigua, in particolare nella fertirrigazione, si ricorre spesso all’acidificazione dell’acqua per ridurre le incrostazioni e mantenere il pH del substrato entro valori ottimali, in genere compresi tra 5,5 e 6,5 (< 7,0) (*tab. 3*). Per quanto in genere questa operazione venga realizzata in modo automatico da appositi apparati, è importante poter calcolare la quantità di acido necessaria a raggiungere-

re il pH desiderato, in quanto gli acidi usati (nitrico, fosforico e solforico) sono anche dei fertilizzanti ed è necessario conoscere la quantità di nutrienti apportati con l'operazione di acidificazione.

Come più ampiamente trattato nel Capitolo 11, più che il pH dell'acqua irrigua interessa la sua alcalinità, cioè, la concentrazione (equivalente, meq/L) di ione bicarbonato (HCO_3^-), e carbonato (CO_3^{2-}); infatti, come suggerisce del resto il termine, è l'alcalinità che determina il fabbisogno di acido per la correzione del pH.

Indici calcolati

La necessità di considerare le relazioni tra le concentrazioni dei diversi ioni ha stimolato l'introduzione di vari indici che vengono calcolati a partire dai dati analitici; ne esistono diversi, riportiamo solo quelli che hanno un qualche interesse nel florovivaismo.

SAR

Il sodio viene adsorbito dai colloidi del suolo e ne determina la deflocculazione con importanti effetti sulla permeabilità; tuttavia il rischio che il sodio contenuto nell'acqua venga effettivamente adsorbito dal suolo è diminuito dalla presenza di calcio e magnesio. Il SAR (acronimo di *Sodium Adsorption Ratio*) è un indice che intende valutare questo rischio e viene calcolato attraverso la seguente formula:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad \text{Eq. 1}$$

dove le concentrazioni sono espresse in meq/L. Comunemente si considerano rischiose solo acque con valore del SAR superiore a 10 (a 5, per le colture florovivaistiche, assai più sensibili).

Alcuni autori hanno cercato di rendere ancora più raffinata la valutazione del rischio sodico introducendo altri parametri nella formula sopra riportata e dando origine ad altri due indici denominati *adjSAR* e *NadjSAR* che esulano dagli scopi di questa trattazione.

Rapporto cloruri/bicarbonati

I valori di salinità delle acque sotterranee variano durante l'anno, essendo in genere più alti durante la stagione secca. Una possibile causa di questa variazione può essere l'intrusione di acqua di mare nelle falde idriche, fenomeno questo presente in molte aree costiere italiane dove ingenti

sono i consumi idrici (per attività agricole, industriali, turistiche ecc.). L'acqua marina è ricchissima in ioni cloruro, poco presente nelle acque di sottosuolo, che invece contengono concentrazioni relativamente elevate di carbonati e bicarbonati. Un aumento del rapporto di concentrazione tra ioni cloruro e ioni carbonato/bicarbonato può indicare una possibile contaminazione dell'acqua di falda da parte di quella marina (Mecella, 2001).

Bilancio ionico

In un'acqua irrigua la somma delle concentrazioni in meq/L degli ioni carichi positivamente (cationi) è uguale a quella degli ioni carichi negativamente (anioni); è dunque possibile fare un "bilancio ionico" esprimendo in meq/L (*tab. 5*) le concentrazioni dei principali cationi (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) e facendone la somma; ripetendo l'operazione con i principali anioni (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-) si dovrebbe ottenere un valore molto simile. Se invece i valori fossero sensibilmente diversi, significa che uno ione presente in quantità importante non è stato ricercato, oppure che c'è stato un errore nelle analisi.

Occorre ricordare che la somma delle concentrazioni (in meq/L) dei cationi C (o degli anioni A) è empiricamente legata alla EC dalla seguente espressione:

$$EC \text{ (dS/cm)} = 0,1 \cdot C \quad \text{Eq. 2}$$

Le analisi da fare in azienda

Non molte aziende possono dotarsi di un separatore piccolo laboratorio e comunque molte non ne hanno la necessità; riteniamo però indispensabili almeno un pHmetro e un conduttimetro per verificare con frequenza i valori del pH e della EC; si tratta di strumenti portatili comunemente presenti sul mercato in una ampia gamma di costi che – nelle versioni più economiche – sono alla portata di ogni azienda. L'uso di questi strumenti deve seguire alcune norme fondamentali, pena la scarsa attendibilità delle letture eseguite.

Norme generali per l'uso del pHmetro

- Leggere attentamente il manuale d'uso allegato allo strumento;
- il bulbo di lettura (elettrodo) deve rimanere costantemente umido; per la conservazione, va quindi mantenuto immerso in acqua (non usare acqua distillata) o nell'apposita soluzione di conservazione (può essere sufficiente inseri-

re nel cappuccio di protezione del bulbo un batuffolo di cotone umido);

- la taratura deve essere verificata frequentemente immergendo l'elettrodo nelle apposite soluzioni tampone a pH noto (in genere pH 7,0 e 4,0); se la lettura si discosta sensibilmente dal valore nominale (per misure di campo può essere tollerabile un errore di 0,1-0,2), è necessario procedere a una nuova taratura seguendo le istruzioni riportate sul manuale d'uso;
- nel caso fosse necessario molto tempo per raggiungere una lettura stabile si consiglia di pulire accuratamente l'elettrodo con carta imbevuta di acqua e di lavarlo con abbondante acqua (esistono in commercio anche apposite soluzioni di lavaggio); se dopo queste operazioni le letture fossero ancora insoddisfacenti è possibile che sia necessario sostituire l'elettrodo;
- conservare lo strumento al riparo dall'umidità e dal caldo.

Norme generali per l'uso del conduttimetro

- Leggere attentamente il manuale d'uso allegato allo strumento;
- il valore di EC è fortemente dipendente dalla temperatura dell'acqua (*tab. 6*), tanto che nell'esprimere i risultati si deve indicare il valore della temperatura di riferimento (solitamente 20 o 25°C). Gran parte degli strumenti in commercio – anche relativamente economici – sono dotati di un dispositivo di “compensazione automatica”: in sostanza vengono rilevati sia il

Tab. 6 - Fattori di correzione del valore di conducibilità elettrica (CE) per la temperatura del campione di acqua irrigua*

Temperatura (°C)	Fattore di correzione
5	1,61
10	1,41
15	1,25
18	1,16
20	1,11
22	1,06
25	1,00
24	1,02
26	0,98
28	0,94
30	0,91

* La temperatura di riferimento è solitamente 25°C.

valore della EC che della temperatura e – in modo automatico – si riporta la lettura alla temperatura di riferimento. Se lo strumento è dotato di questo dispositivo le letture possono essere utilizzate senza ulteriori calcoli; diversamente è necessario rilevare manualmente la temperatura ed effettuare una “conversione” utilizzando la *tab. 6*, anche in fase di taratura;

- la taratura deve essere verificata frequentemente immergendo l'elettrodo nelle apposite soluzioni standard (ne esistono a varie concentrazioni); se

Strumentazione portatile per la misura del pH e della conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione o di fertirrigazione. Questi strumenti, di costo contenuto e di facile impiego, sono assolutamente necessari per una corretta gestione dell'irrigazione e della concimazione delle piante ornamentali, in special modo di quelle in contenitore



la lettura si discostasse sensibilmente dal valore nominale (per misure di campo può essere tollerabile un errore di 0,1-0,2 mS/cm) è necessario procedere a una nuova taratura seguendo le istruzioni riportate sul manuale d'uso;

- l'elettrodo deve essere periodicamente pulito;
- conservare lo strumento al riparo dall'umidità e dal caldo.

Conclusioni

Una coltivazione razionale non può prescindere dalla verifica analitica dell'acqua irrigua, che deve essere costantemente ripetuta nel tempo per escludere variazioni di composizione che talvolta si verificano e possono comportare effetti negativi sulla coltivazione. Un ausilio molto importante in questa direzione è il controllo periodico in azienda del pH e della conducibilità elettrica dell'acqua.

Bibliografia

1. CNR-IRSA (1994). *Metodi analitici per le acque*. Quaderno 100 - Roma.
2. FAO (1985). *Water quality for agriculture*. <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E00.HTM>
3. GIARDINI L., BORIN M., GRIGOLO U. (1993). *La qualità delle acque per l'irrigazione*. L'Informatore Agrario 20, 29-77.
4. IOWA STATE UNIVERSITY (1999). *Irrigation water quality for container-grown plants*. <http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1699.pdf>
5. ISTITUTO NAZIONALE DI ECONOMIA AGRARIA (1999). *I principali criteri di classificazione di qualità dei corpi idrici superficiali e delle acque utilizzate in ambito agricolo*. Quaderni Irrigazione - Roma.
6. MECELLA G. (2001). *Metodi di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico*. Franco Angeli, Milano.
7. MORRIS R., DEVITT D. (2002). *Sampling and interpretation of landscape irrigation water*. <http://www.unce.unr.edu/publications/FS02/FS0291.pdf>
8. NELSON P.V. (1998). *Watering*. In "Greenhouse operation and management". 5 Ed., Prentice-Hall.
9. REED D. WM. (1996). *Water, media and nutrition for greenhouse crops*. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA.
10. UNIVERSITY OF TENNESSEE (2003). *Irrigation water quality for greenhouse production*. <http://www.utextension.utk.edu/publications/pbfiles/pb1617.pdf>
11. WESTERN AGRICULTURAL LABORATORIES (2001). *Irrigation and water analysis guidelines*. <http://www.al-labs-west.com/pdf/waterguidelines0502.pdf>