



Provincia di Livorno

LA FERTIRRIGAZIONE DELLE COLTURE ORTICOLE

Alberto Pardossi e Pasquale Delli Paoli



LA FERTIRRIGAZIONE DELLE COLTURE ORTICOLE

ALBERTO PARDOSSI E PASQUALE DELLI PAOLI

Alberto Pardossi

Professore Associato presso il Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie - Università di Pisa

Viale delle Piagge, 23

56124 Pisa (Italy)

tel +39 050 2216 526

fax +39 050 2216 524

e-mail alberto.pardossi@agr.unipi.it

Pasquale Delli Paoli

Agronomo e tecnico presso CIA Servizi Livorno SRL

CIA Servizi Sede della Val di Cornia

Via G. Rossa, 12 – 57029 Venturina (LI)

Tel. 0565/852768

e-mail: cipaaventurina@tiscali.it

Si ringraziano le aziende agricole Pasquini Pierpaolo, Lancioni Sauro e Fausto e Meini Luciano e Alessandro i cui titolari si sono resi disponibili al collaudo delle tecniche descritte nel testo permettendo di adattare al contesto della Val di Cornia. Si ringraziano inoltre il dott. Paolo Baroncelli e Stefano Landi del laboratorio di analisi Demetra SNC di Pescia (PT) per il supporto tecnico fornito nel corso del collaudo.

INDICE

PREMESSA	5
INTRODUZIONE	6
I PRINCIPI TECNICO SCIENTIFICI DELLA FERTIRRIGAZIONE	7
ACQUA E CONCIMI	10
IMPIANTI PER LA FERTIRRIGAZIONE	12
IL DOSAGGIO DEI CONCIMI	18
CALCOLO DELLA COMPOSIZIONE DELLA SOLUZIONE NUTRITIVA	25
UN METODO SEMPLIFICATO PER L'ELABORAZIONE DEL PIANO DI FERTIRRIGAZIONE	26
ACCORGIMENTI E CONTROLLI	36
BIBLIOGRAFIA	39
APPENDICI	40

PREMESSA

Quest'opuscolo è stato redatto nell'ambito delle azioni di Animazione Rurale previste dal Piano dei Servizi di Sviluppo Agricolo per la Provincia di Livorno, con l'obiettivo di favorire la diffusione di una delle maggiori innovazioni tecnologiche che negli ultimi anni hanno interessato il comparto dell'orticoltura: la fertirrigazione. La fertirrigazione, in effetti, rappresenta uno strumento formidabile per conseguire quegli obiettivi di resa, qualità della produzione e compatibilità ambientale del processo produttivo che non possono non essere propri di un'orticoltura moderna, attenta non solo al mercato ma anche alla salvaguardia delle risorse naturali da cui dipende tutta l'agricoltura.

L'opuscolo nasce da una collaborazione pluriennale tra l'Università di Pisa e i Tecnici del Servizio di Sviluppo Agricolo che operano nelle OO. PP. . Questa collaborazione, sebbene non istituzionalizzata, ha prodotto il collaudo e la diffusione di tecniche di coltivazione avanzate tra le quali la fertirrigazione per le colture ortive di pieno campo. Ciò ha consentito ai tecnici di acquisire maggiori competenze specialistiche e al personale dell'Università di venire a conoscenza di esigenze d'innovazione espresse da alcune realtà agricole specifiche.

Affinché la fertirrigazione possa esplicare tutte le sue potenzialità è necessario tenere presente molti fattori che interagiscono fra loro e questo può rendere complessa la sua corretta attuazione.

Il presente opuscolo è il tentativo di far fronte a questa complessità: nella prima parte si forniscono le nozioni di base per la comprensione della tecnica, nella seconda si descrive dettagliatamente un metodo per formulare il piano di fertirrigazione. Questo, pur non essendo il metodo più avanzato, è di facile applicabilità per le dotazioni impiantistiche delle aziende agricole della provincia di Livorno e costituisce un miglioramento delle tecniche correnti della zona. L'opuscolo è destinato agli agricoltori della provincia di Livorno, che non hanno ancora attuato questa tecnica o vogliono migliorarla e capirne di più.

INTRODUZIONE

Una delle più importanti innovazioni di processo che negli ultimi anni hanno interessato il settore orticolo è senza dubbio la fertirrigazione, già largamente impiegata nelle colture di serra ed in rapida diffusione anche per quelle di piena aria, anche se limitatamente a quelle a ciclo primaverile-estivo irrigate a goccia o a sorsi.

La tecnica della fertirrigazione non consiste soltanto nel semplice abbinamento tra l'irrigazione e la fertilizzazione; rappresenta o può rappresentare, invece, un efficace sistema per aumentare le rese e la qualità delle produzioni ed al tempo stesso razionalizzare la distribuzione dei concimi, con lo scopo di diminuirne le dosi e ridurre così i costi di produzione (meno spese per i fertilizzanti) e contenere, se non annullare, l'inquinamento dei corpi d'acqua, profondi e superficiali, provocato dagli elementi nutritivi, in particolare dall'azoto. Con la fertirrigazione è possibile abbandonare l'approccio tradizionale alla concimazione minerale, basato su di una concimazione di fondo ed eventualmente su uno o pochissimi interventi in copertura. La tecnica, infatti, consente di soddisfare le esigenze nutritive delle colture man mano che queste si modificano con il progredire del ciclo colturale. Evidentemente, per raggiungere questo scopo occorre conoscere la variazione del tasso d'assorbimento minerale delle piante e poter valutare, durante la stessa coltivazione, lo stato nutritivo della coltura e l'effettiva disponibilità di nutrienti nel terreno.

Non rientra negli scopi di questa pubblicazione la trattazione dettagliata della tecnologia della fertirrigazione, soprattutto di quella basata sull'uso di sistemi esperti per una precisa quanto dinamica definizione dei tempi e delle dosi d'acqua e di fertilizzanti da distribuire alla coltura; per questa, sviluppata principalmente per le colture di serra e fuori suolo (idroponica), rimandiamo il lettore ad alcuni testi di recente pubblicazione (Reed, 1996; Enzo et al., 2001; Battilani, 2001; ARSIA, 2000a, 2004b¹). Molto più semplicemente, questo opuscolo introduce i principi tecnico-scientifici della fertirrigazione, illustra i dispositivi utilizzabili in campo e presenta, infine, un semplice metodo da applicare alle colture orticole di pien'aria, accompagnato da alcuni esempi riferiti alla zona orticola della Val di Cornia.

¹ Quaderni ARSIA 02/2004 (sui fertilizzanti) e 05/2004 (irrigazione e fertilizzazione). Possono essere richiesti alla sede di Firenze dell'ARSIA o scaricati (file PDF) dal sito Internet dell'agenzia (http://www.arsia.toscana.it/crda/biblioteca/cat_pub.htm)

I PRINCIPI TECNICO SCIENTIFICI DELLA FERTIRRIGAZIONE

La produttività di una coltura, in senso stretto, dipende dalla fotosintesi, ossia dall'assimilazione dell'anidride carbonica atmosferica a spese dell'energia fornita dalla radiazione solare e catturata dalla clorofilla contenuta nelle foglie. Per la fotosintesi e più in generale per la crescita e lo sviluppo della pianta, sono assolutamente necessari altri due fattori: l'acqua e gli elementi nutritivi minerali, che non di rado sono (soprattutto il primo) quelli che più limitano il rendimento di una coltura, anche attraverso un peggioramento della qualità del prodotto, come spesso succede nelle colture ortive (es. marciume apicale del pomodoro e del peperone).

L'acqua è necessaria per consentire la crescita per distensione (l'accrescimento volumetrico, cioè) dei vari organi (steli, foglie, frutti ecc.), per la termoregolazione fogliare (evaporando, l'acqua raffredda le foglie che altrimenti sarebbero 'bruciate' dal sole) e per trasportare all'interno della pianta sia gli elementi minerali assorbiti dalle radici, sia i prodotti di sintesi derivanti o comunque legati al processo fotosintetico (zuccheri, aminoacidi ecc.). Sono evidenti, quindi, la stretta interazione tra l'assorbimento dell'acqua e quello dei nutrienti e, conseguentemente, i vantaggi offerti dalla distribuzione dei concimi (minerali) con l'acqua d'irrigazione.

In effetti, il vantaggio principale della fertirrigazione, rispetto alla tradizionale concimazione di copertura, consiste nel poter frazionare gli apporti di fertilizzanti in copertura (post-trapianto) per mantenere il contenuto nutritivo del terreno intorno ai valori ottimali, così da evitare sia le condizioni di carenza nutritiva, sia i consumi di lusso (assorbimento minerale superiore alle effettive necessità fisiologiche della coltura) e/o la lisciviazione dei nutrienti con le acque irrigue o meteoriche (Figura 1).

Quest'ultimo problema interessa soprattutto l'azoto, che con il fosforo è responsabile di gravi fenomeni d'eutrofizzazione delle acque. In questo senso, deve essere sottolineata la necessità di associare alla fertirrigazione un pilotaggio preciso dell'irrigazione. E' quasi intuitivo che la sovra-irrigazione sistematica delle colture, nel caso della fertirrigazione, può aumentare drasticamente le perdite di nutrienti per lisciviazione e ruscellamento (*runoff*).

La fertirrigazione, peraltro, presenta altri vantaggi di natura operativa che sembrano superarne gli svantaggi (Tabella 1).

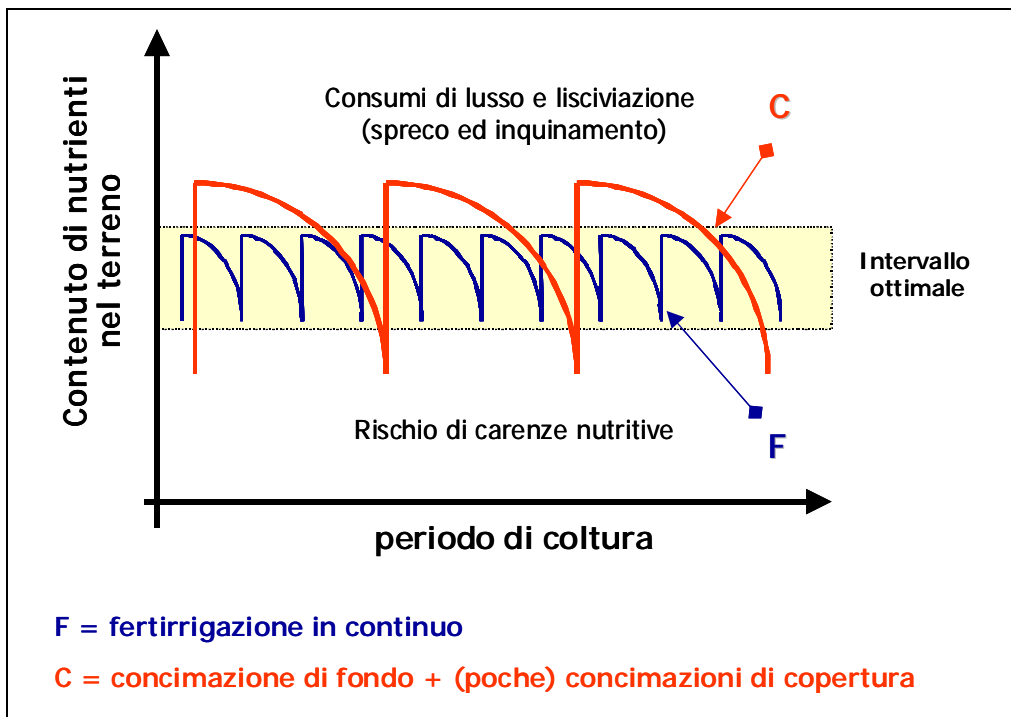


Figura 1. La fertirrigazione in continuo consente di mantenere il contenuto nutritivo del terreno sui livelli considerati ottimali.

Tabella 1. Vantaggi e svantaggi della fertirrigazione.

Vantaggi	Svantaggi
§ Maggiore efficienza della concimazione.	§ Costi per gli impianti di miscelazione.
§ Aumento delle rese produttive.	§ Maggiore preparazione professionale degli operatori.
§ Minore inquinamento per la riduzione dell'uso e della lisciviazione dei fertilizzanti (azoto).	§ Rischio di una scarsa concimazione di copertura nel caso di stagioni irrigue particolarmente piovose.
§ Miglioramento qualitativo della produzione	
§ Risparmio di manodopera (operazioni più veloci ed automatizzabili).	
§ Possibilità di effettuare interventi correttivi (cura e prevenzione di particolari fisiopatie).	
§ Riduzione del consumo di fertilizzante (in seguito alla distribuzione localizzata ed alla maggiore uniformità di distribuzione).	

Per aumentare al massimo l'efficienza della fertirrigazione occorre, comunque, rispettare alcuni criteri nella preparazione della soluzione nutritiva:

Occorre aggiustare il pH su valori sub-acidi (5,5-6,5), soprattutto nel caso di acque con un valore della durezza superiore a 20-30 gradi francesi (°F; cioè, 200-300 mg/L di carbonato di calcio; 1°F corrisponde a 10 mg/l). Un pH ottimale è il presupposto per un normale assorbimento nutritivo delle radici. Le manifestazioni di carenza ed eccesso spesso sono originate da valori anomali del pH, soprattutto nel caso dei microelementi. La correzione del pH serve anche a prevenire i danni agli impianti irrigui provocati dalle incrostazioni (ad es., calcare).

Non si deve superare la salinità, espressa generalmente come valore della conducibilità elettrica (CE), tollerata dalla coltura (CE^{MAX}). Indicativamente, i valori di CE^{MAX} sono di 2,0-2,5 mS/cm nel caso di specie relativamente tolleranti (es. pomodoro, melone, zucchino, carciofo, spinacio) e 1,4-1,6 nel caso di specie più sensibili (lattuga, cetriolo, fragola). Per la conversione da CE (mS/cm) alla concentrazione (C, g/L) si può utilizzare la seguente equazione:

$$CE = 1,56 \times C$$

La composizione della soluzione nutritiva deve essere equilibrata, cioè occorre rispettare determinati rapporti (ponderali o molari) tra i vari elementi nutritivi (macro e micro-elementi), in modo da evitare lo sviluppo di carenze nutritive provocate da fenomeni di antagonismo nutritivo. Questa raccomandazione vale, in verità, più per le soluzioni nutritive usate nelle colture idroponiche, complete di micro- e macro-elementi; nelle colture a terra, soprattutto di campo, infatti, si somministrano spesso soluzioni monosaline, addirittura con un solo elemento nutritivo (es. urea o nitrato di ammonio).

Anche per quanto detto ai punti 1 e 2, occorre conoscere le esigenze fisiologiche delle colture, la fertilità del terreno e la qualità (composizione chimica) dell'acqua irrigua.

ACQUA E CONCIMI

La fertirrigazione richiede la conoscenza delle caratteristiche dell'acqua d'irrigazione ed è pertanto necessaria un'analisi delle acque a disposizione. Le analisi, inoltre, devono essere ripetute nel tempo per tenere conto di possibili variazioni della composizione, che potrebbero avere degli effetti negativi sulla coltivazione. Indicativamente, un'analisi completa dell'acqua (per fertirrigazione) può costare da 100 a 300 €, un aiuto fondamentale è offerto dal controllo diretto in azienda del pH e della EC mediante strumenti portatili poco costosi e di facile impiego.

Tabella 2. Valori di riferimento per la valutazione della qualità dell'acqua irrigua.

	Molto buona	Buona	Accettabile	Mediocre	Non idonea
EC (mS/cm)	< 0.3	0.3-0.8	0.8 – 2.0	2.0-3.0	>3.0
Sali disciolti (ppm ²)	<150	150-500	500-1500	1500-2000	>2000
Alcalinità (HCO ₃ ⁻ , meq/L)	<1.5	1.5-3.0	3.0-5.0	5.0-10.0	>10.0
Alcalinità (HCO ₃ ⁻ , ppm)	<100	100-190	190-315	315-630	> 630
Na (% sali solubili)	<20	20-40	40-60	60-80	>80
B (ppm)	<0.1	0.1-0.7	0.7-1.5	1.5-3.5	>3.5

Per quanto riguarda i concimi, le tipologie normalmente impiegate nella fertirrigazione sono sostanzialmente due: i concimi idrosolubili (comprendenti anche i prodotti a base di microelementi) e gli acidi.

Per i concimi idrosolubili esiste un'ampia gamma di prodotti commerciali diversi per caratteristiche e prezzo. In fase di scelta, gli aspetti da considerare sono il titolo (contenuto percentuale di elementi fertilizzanti); la solubilità e la presenza di residui insolubili; le forme di azoto (ureico, nitrico ed ammoniacale; la prima forma è da evitare, ad esempio, nelle colture fuori suolo); il titolo in cloro (cloruro) e sodio (solo per il primo la legge prevede la dicitura “con basso titolo in cloro”); la tipologia. A quest'ultimo riguardo ricordiamo che possiamo avere sali semplici (es. nitrato di calcio, nitrato di potassio, solfato di potassio, cloruro di potassio, fosfato monoammonico, fosfato di potassio, solfato di magnesio, nitrato di

² 1 ppm (parti per milione) = 1 mg/L (V. Appendice 1)

ammonio ecc.), prodotti derivanti dalla miscelazione di più sali semplici, oppure veri complessi ottenuti da un concime liquido con un particolare procedimento industriale. Questi ultimi sono molto costosi e si usano quasi esclusivamente per la concimazione fogliare. Alcuni concimi complessi contengono tutti i nutrienti (macro- e micro-elementi) necessari alla pianta, ad eccezione del calcio, che per i noti problemi di insolubilità con i fosfati e i solfati, non viene mai inserito nei complessi contenenti gli elementi fosforo e zolfo.

I sali semplici solo assai validi dal punto di vista tecnico ed economico; richiedono, però, maggiore attenzione nei dosaggi e nella preparazione delle soluzioni-madre (stock), come illustrato più avanti nel testo, e molto spesso l'impiego combinato di più prodotti. I più importanti, anche per l'apporto dei microelementi, sono indicati nelle **Tabelle 3 e 4**.

Alcuni sali semplici (nitrato di potassio, solfato di magnesio e solfato di potassio) sono prodotti dall'industria in una versione specifica per fertirrigazione con un costo superiore a quelli utilizzati per la concimazione del terreno; sono più puri (maggior titolo), non contengono residui insolubili e sono in forma cristallina, anziché granulare, proprio per rendere più facile la preparazione delle soluzioni di fertirrigazione. Per gli acidi si rimanda ad uno dei prossimi paragrafi.

Tabella 3. Caratteristiche dei sali minerali per fertirrigazione.

NOME	FORMULA	TITOLO (%)	PESO FORMULA	SOLUBILITÀ A 20°C (Kg/100 L)
Cloruro di calcio	CaCl ₂	50 CaO - 64 Cl	111,1	-
Ferro chelato	FeEDDHA	6 - 7 Fe	932,0	-
Fosfato monopotassico	KH ₂ PO ₄	52 P ₂ O ₅ - 34 K ₂ O	136,1	22
Fosfato monoammonico	(NH ₄)H ₂ PO ₄	12 N - 62 P ₂ O ₅	115,0	27
Nitrato di ammonio	NH ₄ NO ₃	34 N	80,0	192
Nitrato di calcio	5[Ca(NO ₃) ₂ 2 H ₂ O]NH ₄ NO ₃	15,5 N - 26 CaO	1080,5	122
Nitrato di magnesio	Mg(NO ₃) ₂ 6 H ₂ O	11 N - 17 MgO	256,3	72
Nitrato di potassio	KNO ₃	13 N - 47 K ₂ O	101,1	35
Solfato di magnesio	MgSO ₄ 7 H ₂ O	16,5 MgO - S 13	246,3	71
Solfato di potassio	K ₂ SO ₄	50 K ₂ O - S 18	174,3	12
Urea	CO(NH ₂) ₂	46 N	60,0	100

Tabella 4 . caratteristiche dei sali utilizzati per l'apporto di microelementi.

NOME PRODOTTO	FORMULA	CARATTERISTICHE	TITOLO					
			(g di nutriente/100 g)					
			Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Acido borico	H_3BO_3						17	
Borace	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$						11	
Molibdato ammonico	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$							54
Molibdato di sodio	$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$							40
Solfato di ferro	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	eptaidrato	20					
Solfato di manganese	$MnSO_4 \cdot H_2O$	monoidrato		32				
Solfato di rame	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	pentaidrato			25			
Solfato di rame	$CuSO_4 \cdot H_2O$	monoidrato			36			
Solfato di zinco	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	eptaidrato				23		
Solfato di zinco	$ZnSO_4 \cdot H_2O$	monoidrato				37		

IMPIANTI PER LA FERTIRRIGAZIONE

Un impianto di fertirrigazione ha bisogno, a monte, di un adeguato sistema di pompaggio e filtrazione dell'acqua. I componenti tipici di un sistema di fertirrigazione sono (**Figura 2**):

1. dispositivo di dosaggio delle soluzioni-stock (miscelatore o eiettore), in linea o in vaso di espansione/miscelazione (il secondo tipo è usato nelle colture fuori suolo);
2. filtro, per aiutare il rimescolamento e bloccare eventuali particelle solide date dai precipitati;
3. eventuali dispositivi per il controllo della CE e del pH;
4. programmatore e altri sistemi di automazione dell'intervento irriguo.

Alcuni di questi elementi non sono assolutamente indispensabili (ad esempio, le componenti 3 e 4), ma sono comunque consigliate in serra, specialmente nelle colture fuori suolo.

Numerose sono le soluzioni disponibili sul mercato per il dosaggio di concimi nell'acqua irrigua ed è quindi necessario conoscere bene quali esigenze deve soddisfare il fertirrigatore

per scegliere la soluzione migliore (anche dal punto di vista economico) e dimensionare correttamente i dispositivi di diluizione e i contenitori degli stock. A tal scopo occorre:

- 1) stabilire se la fertirrigazione è continua o discontinua;
- 2) stabilire se il fertirrigatore deve preparare soluzioni nutritive diverse;
- 3) conoscere la portata (in L/min o m³/h) dell'impianto, determinata in base al fabbisogno idrico della coltura, tenendo conto dell'eventuale suddivisione dell'area di coltivazione in settori irrigui indipendenti; cioè serve per determinare la portata del dosatore;
- 4) stabilire il grado di precisione richiesto nella preparazione della soluzione, in genere assai più alto nelle colture fuori suolo che nelle colture a terra;
- 5) Conoscere le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua a disposizione e in particolare la CE, il contenuto di bicarbonati (alcalinità), di calcio e di ioni non-essenziali (sodio, cloruro ecc.) al fine di stabilire la quantità di acido necessaria per la correzione del pH e la necessità di prevedere o meno due contenitori per le soluzioni stock.

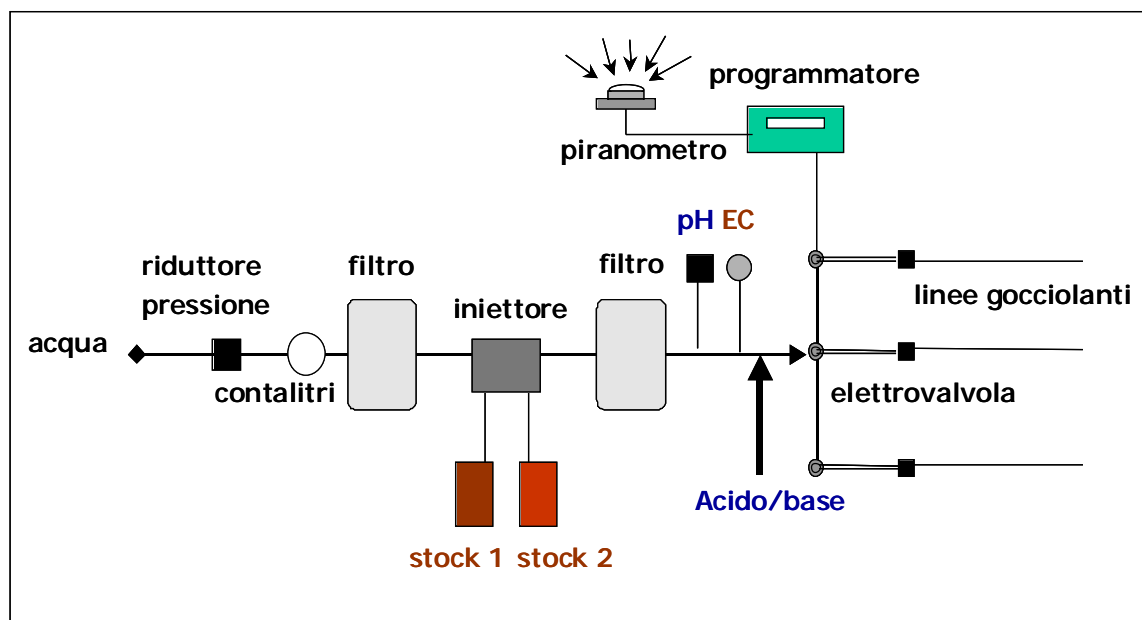


Figura 2. Configurazione tipica di un impianto di fertirrigazione ad elevato grado di automazione.

Dispositivi per l'iniezione dei fertilizzanti

Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle tipologie più comuni.

Tubo di Venturi - E' il dispositivo più semplice ed economico: non richiede particolari interventi di manutenzione né d'energia elettrica, è facile da montare ed ha un costo contenuto. È però poco preciso; la regolazione del rapporto di diluizione è difficoltosa, ed è possibile solo grazie all'uso di valvole e flussimetri installati sul tubo di aspirazione e sulla condotta principale, che naturalmente aumentano i costi dell'impianto. Rimane un strumento validissimo, forse il più indicato, per le colture di campo.

Pompe meccaniche a dosaggio volumetrico - Una pompa a stantuffo sfrutta la pressione della condotta idrica per movimentare un secondo pistone in un cilindro più piccolo, con cui si aspira la soluzione stock. La pompa può essere montata in linea o su un *by-pass*, con rapporto di dosaggio abbastanza ampio (da 0,2 - 0,3 % fino a 2 %) e con portate di esercizio variabili da 0,5 a 40 m³/h. Il sistema non necessita d'energia elettrica, ha una buona precisione ed è facile variare il rapporto di dosaggio grazie ad una ghiera graduata. L'inconveniente principale è costituito dalle perdite di carico nell'impianto (fino a 0,8 bar).

Pompe elettriche - Le pompe elettriche presentano il vantaggio di non produrre perdite di carico, di essere modulari e di avere portate molto grandi. Si adattano, quindi, a impianti con portate elevate, dove risultano più economiche e possono essere automatizzate. Esistono due tipi di pompe: a membrana ed a pistone. Le pompe a membrana hanno costi inferiori, però la loro portata è ridotta (di solito non superano mai i 70-100 litri/ora) ed, inoltre, è inversamente proporzionale alla contropressione (cioè, alla pressione nella condotta idrica dove si deve iniettare); per questo motivo, in certi casi, si ricorre all'utilizzo di aria compressa (7 atm) per aumentarne la portata. Le pompe a pistone sono più robuste, precise e non risentono della contropressione. Ci sono due tipi di controllo: volumetrico o proporzionale. Nelle pompe a controllo volumetrico, il dosaggio è regolato da un contaltri meccanico od elettronico che misura la portata della condotta irrigua e regola di conseguenza la velocità di pompaggio. Nelle pompe a controllo proporzionale, la velocità di iniezione delle pompe è, appunto, proporzionale alla differenza tra il valore di pH o di CE impostato e quello misurato dalle sonde in linea, posizionate a valle del punto di iniezione delle soluzioni stock. In questo caso è possibile preparare una soluzione nutritiva finale con caratteristiche di CE e di pH pre-stabilite, indipendentemente dal tipo di acqua utilizzato e (entro certi limiti) dalla

concentrazione delle soluzioni stock. Questi eiettori sono più indicati per appezzamenti di superfici limitate con coltivazioni che hanno un valore commerciale elevato, come le coltivazioni in serra.

Fertirrigatori computerizzati - Sono impianti in grado di preparare soluzioni nutritive diverse. Il loro costo può superare anche i 20-25 mila € ma appaiono insostituibili nel caso di grandi aziende serricole dove si praticano colture diverse, soprattutto se fuori suolo. Nella maggioranza dei casi, questi fertirrigatori usano dei comuni tubi di Venturi, dotati di flussimetri elettronici e con elettrovalvole di precisione per il controllo del flusso di soluzione stock da iniettare. Questo sistema è preferito alle normali pompe dosatrici, per la maggiore portata, la semplicità nella variazione della percentuale di stock da aggiungere e per la ridottissima manutenzione che presentano.

I “sistemi a pressione differenziale” che consistono in recipienti cilindrici di metallo a pressione nel quale si introduce il fertilizzante solido non sono idonei per condurre la fertirrigazione con il metodo riportato più avanti nel testo.

Nella **Tabella 5** sono sinteticamente riportate le principali caratteristiche dei più diffusi sistemi di fertirrigazione (miscelatori).

Nell'**INSERTO 1** viene descritto più in dettaglio il miscelatore Venturi che, probabilmente, è il sistema migliore per la fertirrigazione delle colture ortive di pieno campo, almeno per la realtà della Val di Cornia, considerando il basso costo di acquisto e gestione, la semplicità d'uso ed il fatto di non aver bisogno di una linea elettrica dedicata.

Gli appezzamenti dove si intende attuare la fertirrigazione devono essere irrigati a goccia mediante ali gocciolanti. Per una distribuzione uniforme dei concimi, l'impianto irriguo deve essere dotato di opportuni sistemi di filtraggio dell'acqua e di manometri per il controllo delle pressioni d'esercizio lungo la linea adduttrice e in testata, in modo da verificare le eventuali perdite di pressione (Bertolacci e Delli Paoli, 2003). Per le soluzioni stock occorrono recipienti di una certa capienza, ad esempio quelli gabbati da 10 ettolitri. E' necessario che le condotte a valle dell'immissione del fertilizzante siano in materiale plastico e non in metallo in quanto la miscela che introduciamo è acida e potrebbe corrodere il metallo. Se le linee adduttrici sono in metallo allora conviene spostare il recipiente e l'iniettore sul settore a monte del tubo di testata (questo solitamente è di materiale plastico); in questo caso dobbiamo installare in ogni settore un eietto. Conviene sempre mettere un filtro a rete a valle dell'iniezione del fertilizzante, per fermare eventuali precipitati e facilitare la miscelazione.

Tabella 5. Principali tipi di fertirrigatori, con relativi vantaggi e svantaggi, possibili applicazioni e loro costo di massima

Tipo di dispositivo	Vantaggi	Svantaggi	Applicazioni	Costo indicativo (€)
Tubo di Venturi	Semplicità, non richiede energia elettrica.	Scarsa precisione della diluizione.	Fertirrigazione di pieno campo; per carrelli fertilizzanti mobili; impianti fino a portate di 1000 L/min.	100-200
Pompa dosatrice meccanica volumetrica	Facile aggiustamento del rapporto di diluizione; buona precisione; costo contenuto (solo per portate inferiori a 8 m ³); non richiede energia elettrica	Difficile manutenzione; dosaggio esclusivamente proporzionale; non adatta per impianti irrigui con portate elevate; notevoli perdite di carico.	Fertirrigazione di pieno campo e di serra; fertirrigazione di piccoli impianti di coltivazione fuori suolo; per carrelli fertilizzanti mobili; adatta fino a portate di 900 L/min.	500-2000
Pompa elettrica a membrana con dosaggio volumetrico	Buona precisione; costo contenuto.	Richiede un compressore nel caso di un'elevata pressione della condotta irrigua (> 4 atm.), e di un contaltri ad impulsi; non adatta a impianti con portate elevate.	Fertirrigazione di serra; adatta ad impianti di fertirrigazione per colture in vaso o fuori suolo con portate non superiori a 250 L/min.	1000-2500
Pompa elettrica a pistone con dosaggio volumetrico	Ottima precisione; elevata affidabilità; ampia scelta della portata e del rapporto di diluizione; adatta per grossi impianti (portata elevata).	Costo elevato; necessita di un quadro elettronico con contaltri ad impulsi.	Fertirrigazione di serra e pieno campo; adatta a grandi impianti di irrigazione, con portate comprese fra 80 e 3000 L/min.	2500-5000
Pompe elettriche (a pistone o membrana) con dosaggio proporzionale	Buona precisione.	Scarsa precisione nel caso di impiego in più settori irrigui con diversa portata; costo elevato.	Fertirrigazione in serra; colture fuori suolo a ciclo chiuso (con recupero delle acque di drenaggio).	2500-7000
Fertirrigatore computerizzato	Ottima precisione; possibilità di fornire soluzioni nutritive diverse	Costo elevato, necessità di personale esperto.	Aziende ortofloro vivaistiche di grandi dimensioni, con più colture condotte contemporaneamente.	10000 - 25000

INSERTO 1

L'EIETTORE A TUBO DI VENTURI

Il tubo Venturi utilizza per l'aspirazione della miscela fertilizzante nell'impianto irriguo l'energia idraulica disponibile nell'impianto. Per i modelli più piccoli, sono necessarie delle pressioni supplementari almeno di 0.6 Atm. rispetto a quelle di esercizio delle ali gocciolanti. Il dispositivo in genere viene installato sul tubo di adduzione mediante un *by-pass*, su cui sono installati una valvola manuale e due manometri, prima e dopo la valvola. La valvola manuale serve a determinare una differenza tra la pressione in ingresso e in uscita; mediante i due manometri possiamo controllare questa differenza. Maggiore è la differenza di pressione, maggiore sarà l'aspirazione della soluzione stock. Per una certa differenza di pressione, aumentando la pressione sulla linea principale, diminuisce l'aspirazione.

Ogni tubo Venturi è accompagnato da una tabella in cui si specifica la portata dell'iniettore per determinati valori della pressione in ingresso e della differenza di pressione. Alcuni modelli sono corredati da limitatori di portata: sono degli ugelli di plastica nel tubo di aspirazione dello stock che servono a ridurre il flusso d'iniezione rispetto a quello determinato dalla tabella. Altri modelli, sempre a questo scopo, sono dotati di valvola posta anch'essa sul tubo di aspirazione.

È quasi sempre necessario stabilizzare la pressione in ingresso mediante un riduttore di pressione posto a monte del tubo Venturi. Nel caso di variazione della portata dell'impianto (per esempio, per progressiva occlusione degli ugelli, oppure perché è stata variata la dimensione dell'appezzamento da irrigare), anche se le pressioni d'esercizio sono costanti e al tubo Venturi applichiamo il differenziale di pressione prestabilito, si ha una variazione della concentrazione dell'acqua di fertirrigazione. In questo caso, occorre rideterminare il flusso d'iniezione dello stock e ricalcolare il suo fattore di concentrazione.

IL DOSAGGIO DEI CONCIMI

In questo paragrafo viene illustrata una procedura per il calcolo della composizione di una soluzione nutritiva per colture a terra, per le quali la fertirrigazione diventa, di fatto, un metodo per ottimizzare la concimazione di copertura.

Esiste un'altra procedura da applicare alle colture fuori suolo o, comunque, in tutti i casi in cui il substrato di coltura non offre una riserva nutritiva significativa e la soluzione da erogare alle piante deve contenere tutti quanti gli elementi nutritivi, macro- e micro-elementi. Questa procedura è dettagliatamente descritta nel capitolo 16 del recente Quaderno ARSIA 05/2004.

In ogni caso, è consigliabile aggiustare il pH dell'acqua irrigua, il che di solito significa aggiungere all'acqua un acido forte in grado di neutralizzare i bicarbonati presenti. Prima di illustrare come dosare i concimi, è bene esaminare come deve essere acidificata l'acqua.

L'acidificazione dell'acqua irrigua

Il pH esprime la concentrazione di ioni idrogeno (protoni; H^+) di una soluzione acquosa; più esattamente, il pH è il logaritmo (in base 10) della concentrazione (in moli per litro) di ioni H^+ cambiato di segno:

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

A determinare il pH sono essenzialmente gli equilibri chimici tra anidride carbonica (CO_2), acido carbonico (H_2CO_3), ione bicarbonato (HCO_3^-), ione carbonato (CO_3^{2-}) e idrogenioni² (H^+):



Le acque irrigue, in genere, sono molto ricche in carbonati e soprattutto bicarbonati (il primo ione è presente in concentrazioni significative solo con pH superiore ad 8,0); ciò sposta gli equilibri dell'equazione precedente verso sinistra e determina la formazione di anidride carbonica, che tende a disperdersi nell'aria, con conseguente "sottrazione" di H^+ alla soluzione ed aumento del pH. L'aggiunta di un acido all'acqua comporta la progressiva trasformazione di carbonati e bicarbonati in acido carbonico e quindi in anidride carbonica; la quantità d'acido necessaria a raggiungere un determinato pH dipende, dunque, dalla

concentrazione (espressa in meq/L o ppm³) iniziale di bicarbonati (HCO_3^-), ovvero dall'alcalinità. Di seguito si riporta l'equazione per determinare la concentrazione di acido (HA ; meq/L) necessaria ad ottenere il pH desiderato in funzione della concentrazione di bicarbonati:

$$HA = HCO_3^- : (1 + 10^{pH - pK1})$$

Ancor più semplicemente, per portare il pH dell'acqua a 6,0 la concentrazione di acido (H^+) deve essere pari al 70% circa della concentrazione di bicarbonati.

In base alla concentrazione HA calcolata con l'equazione precedente e le caratteristiche (concentrazione, densità, concentrazione equivalente; **Tabella 6**) del prodotto da utilizzare, si calcola la quantità di acido secondo le unità di misura più usuali nella pratica di campo:

$$Q = (HA \times PE) : (10 \times D \times CA)$$

dove Q è la quantità di acido (mL/L o L/m³) necessaria per raggiungere il pH desiderato e CE , D e C sono rispettivamente la concentrazione equivalente (meq H^+ per litro), la densità (Kg/L) e la concentrazione (% peso/peso) dell'acido.

Gli acidi utilizzati sono generalmente l'acido nitrico, l'acido fosforico e l'acido solforico, tutti da utilizzare con molta cautela. Ad esempio, bisogna sempre aggiungere l'acido all'acqua e mai fare il contrario; inoltre, gli acidi sono molto corrosivi per acciaio, cemento e alluminio, pertanto occorre utilizzare un eiettore resistente agli acidi e seguire tutti gli accorgimenti già indicati a pagina XX. Il più usato è l'acido nitrico; è meno pericoloso dell'acido solforico e svolge un ruolo importante di fertilizzante. Nell'**INSERTO 2** sono riportate alcune istruzioni per manipolare gli acidi in sicurezza.

Si sottolinea che la quantità di acido aggiunta all'acqua per aggiustare il pH, neutralizzando di fatto i bicarbonati, non altera la concentrazione complessiva di sali e quindi la CE dell'acqua. Questo significa, da un punto di vista applicativo, che è possibile aggiungere parte dei fertilizzanti attraverso gli acidi senza influenzare la salinità dell'acqua di fertirrigazione.

³ Per convertire in ppm la concentrazione dei bicarbonati espressa in meq/L occorre moltiplicare il valore per 63; in modo inverso, per convertire in meq/L la concentrazione espressa in ppm occorre dividere il valore per 63

Tabella 6. Acidi di uso comune nella fertirrigazione.

Nome prodotto	Densità (Kg/L; °Bé)	(meq H ⁺ /mL)	Contenuto di nutrienti (kg di nutriente/L di acido)		
			N (nitrico)	P ₂ O ₅	S
Acido fosforico 75%	d=1,58 53°Bé	12,1		0,86	
Acido fosforico 85%	d=1,73 61°Bé	15,0		1,06	
Acido nitrico 67%	d=1,41 42°Bé	15,0	0,21		
Acido nitrico 53%	d=1,33 36°Bé	11,2	0,16		
Acido solforico 94%	d=1,83 66°Bé	35,1			0,56

INSERTO 2

ISTRUZIONI PER L'USO IN SICUREZZA DEGLI ACIDI FERTILIZZANTI

Gli acidi per uso agricolo sono classificati come "sostanze pericolose" e la loro etichettatura è normata dal DL 52/1997. Il rivenditore è tenuto, all'atto della vendita, a fornire all'acquirente la "scheda di sicurezza della sostanza"; l'operatore deve leggere scrupolosamente tale scheda e seguire tutte le precauzioni riguardanti il trasporto, l'utilizzo e lo stoccaggio. Di seguito riportiamo alcuni estratti dalla scheda di sicurezza dell'acido nitrico (67,5 %)

Manipolazione

- § Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.
- § Utilizzare in un luogo ben ventilato; non inalare i vapori.
- § Evitare il contatto con pelle, occhi ed indumenti.
- § Le docce di emergenza e gli impianti per sciacquare gli occhi e la pelle devono essere facilmente raggiungibili.
- § Utilizzare la maschera di protezione respiratoria, gli occhiali, la tuta protettiva e le scarpe antiacido prima di aprire i contenitori o i serbatoi.
- § Conservare i contenitori ermeticamente chiusi.

Stoccaggio

- § Conservare al riparo dall'umidità e dalle intemperie.
- § Conservare lontano da fonti di calore e dai raggi solari diretti.
- § Conservare lontano da materiali incompatibili (alcali e prodotti caustici, materie combustibili, materie esplosive, materie organiche riducenti, sostanze comburenti, nitriti).
- § Conservare lontano dalla portata dei bambini.
- § Stoccare in un luogo fresco e ben ventilato. I materiali di conservazione idonei sono: acciaio inox, vetro, polietilene. Non conservare in acciaio dolce.
- § Per guarnizioni e sigilli usare PTFE.
- § Usare una pavimentazione di piastrelle antiacido che resistono meglio del cemento all'attacco degli acidi.

Controllo dell'esposizione e protezione individuale

- § Protezione respiratoria.

- § Nelle esposizioni brevi e minime utilizzare la maschera; nelle esposizioni più intense e durature utilizzare l'autorespiratore.
- § Protezione della pelle.
- § Tuta di sicurezza in PVC od altro materiale impermeabile ed antiacido a completa protezione. Stivali di gomma od in PVC.
- § Protezione delle mani.
- § Guanti di sicurezza in gomma o in PVC.
- § Protezione degli occhi.
- § Schermo protettivo per il viso oppure occhiali di sicurezza con protezione laterale. Non tenere lenti a contatto.
- § Limite di esposizione: TLV-TWA : $5 \text{ mg} / \text{m}^3$; TLV-STEL : $10 \text{ mg} / \text{m}^3$

Smaltimento

- § Prodotto: smaltire i residui nel rispetto delle norme vigenti ricorrendo a ditte autorizzate.
- § Imballaggi contaminati: svuotare accuratamente i contenitori e smaltirli secondo le vigenti disposizioni locali e nazionali in accordo con il materiale di costituzione.

Trasporto

- § Al DOCUMENTO DI TRASPORTO deve essere allegata una scheda riportante le istruzioni di sicurezza per il trasporto su strada, cui il conducente deve attenersi

Altre informazioni

Il personale impiegato nella produzione, manipolazione e stoccaggio dell'acido deve essere istruito per una sicura manipolazione. Il personale deve inoltre essere istruito sulle azioni da intraprendere in caso di emergenza; deve inoltre essere addestrato sulla corretta procedura antincendio.

Il piano di fertirrigazione

Il piano di fertirrigazione (o di concimazione di copertura) è parte di un programma di fertilizzazione più completo che mira prima a ripristinare (eventualmente) e poi mantenere la fertilità fisico-chimica del terreno (assai importante da questo punto di vista è il tenore in sostanza organica). Si parla, in effetti, di concimazione di fondo o d'arricchimento, e di

concimazione di copertura o di mantenimento. Quest'ultimo intervento si basa praticamente sulla conoscenza delle asportazioni della coltura.

Per quanto ora detto, in corretto programma di fertilizzazione non può prescindere dall'analisi chimica del terreno e dall'impostazione di un bilancio dei vari elementi nutritivi che tiene conto, ad esempio per l'azoto (N), della sostanza organica e dell'azoto minerale contenuto nel terreno, dei residui organici lasciati dalle colture precedenti e da eventuali letamazioni (precedenti fino a tre anni), della lisciviazione con le acque meteoriche ed appunto delle asportazioni della coltura. Peraltro, l'adesione ad un disciplinare di produzione integrata, come quello della Regione Toscana (L.R. 25/1999) o quelli che sempre più frequentemente sono imposti dalla società della grande distribuzione organizzata (GDO), rende obbligatori sia l'elaborazione del piano di concimazione sulla base dell'analisi chimica del terreno, sia il rispetto di determinati massimali di unità fertilizzanti (UF, kg/ha all'anno) (Tabella 7).

In mancanza di un piano preciso di concimazione, l'agricoltore per la fertirrigazione potrebbe basarsi semplicemente sulla stima delle asportazioni della coltura stabilite in base alle rese attese e tenendo conto dell'efficienza d'utilizzazione degli elementi nutritivi.

Tabella 7. Dose massime (UF⁴) di N, P₂O₅ e K₂O ammesse dal Disciplinare di Produzione Integrata della Regione Toscana (L.R. 25/1999) per alcune colture ortive.

Specie	Coltura	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Pomodoro	Pieno campo	200	160	300
Pomodoro	Serra	300	160	440
Peperone	Pieno campo	200	120	240
Melanzana	Pieno campo	250	120	320
Anguria	Pieno campo	150	120	200
Melone	Pieno campo	150	120	240
Melone	Serra o tinnellino	180	120	280

⁴ UF (unità fertilizzante) = 1 kg/ha

La **Tabella 8** riporta i coefficienti (K_a) per determinare in base alla produzione attesa (P , in tonnellate per ha) le asportazioni di N, P_2O_5 e K_2O ; questi valori, divisi per un coefficiente K_e che descrive l'efficienza di utilizzazione da parte delle radici (sempre inferiore al 100% e in funzione del tipo di elemento fertilizzante e del sistema irriguo, **Tabella 9**), consentono di calcolare le UF da distribuire con la fertirrigazione. Questo è il calcolo:

$$UF \text{ (kg/ha)} = (P \times K_a) / K_e$$

Esempio: coltura di pomodoro irrigata a goccia; produzione attesa 80 t/ha. Usando i coefficienti delle tabelle 7 e 8, si calcolano le UF in questo modo:

$$N = (80 \times 1.8) / 0.85 = 169 \text{ kg/ha}$$

$$P_2O_5 = (80 \times 0.35) / 0.30 = 93 \text{ kg/ha}$$

$$K_2O = (80 \times 3.2) / 0.90 = 284 \text{ kg/ha}$$

Anche se questa ora descritta è di fatto la procedura utilizzata quando si elabora un piano di concimazione, occorre sottolineare l'importanza della conoscenza del grado di fertilità del terreno. Basarsi solo sulle asportazioni potrebbe portare a sovrastimare le dosi di concime, soprattutto di quelli azotati, da distribuire con la fertirrigazione. Potrebbe, ad esempio, verificarsi la condizione di un terreno molto ricco di residui colturali, come spesso avviene nelle aziende specializzate nella coltivazione praticamente continua di ortaggi.

Tabella 8. Fabbisogni nutritivi approssimativi (K_a ; kg/t) di alcune specie ortive.

Specie	N	P_2O_5	K_2O
Pomodoro industria	1,7	0.35	3,2
Peperone	3.0	0,70	4,0
Anguria	1,4	0.30	3,0
Melone	3,0	0,70	4,2

Tabella 9. Efficienza di utilizzazione (Ke) degli elementi fertilizzanti in funzione del sistema di irrigazione.

Sistema irriguo	N	P	K
Aspersione	0.60 - 0.70	0.15 - 0.25	0.70 - 0.80
Microirrigazione	0.80 - 0.90	0.25 - 0.35	0.80 - 0.90

CALCOLO DELLA COMPOSIZIONE DELLA SOLUZIONE NUTRITIVA

Nella pratica, per attuare la fertirrigazione, vengono preparate una o più soluzioni stock a concentrazione elevata (100-200 volte più concentrate della soluzione erogata alla coltura) che sono miscelate con l'acqua irrigua per mezzo di un eiettore.

Nella preparazione delle soluzioni stock occorre evitare 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 provocata dal basso pH (per l'aggiunta di acidi). Per evitare questi problemi si è soliti preparare tre diverse soluzioni stock (**Tabella 10**);

- 1) in un contenitore si mettono i sali di calcio, il chelato di ferro ed eventualmente i sali contenenti cloruro;
- 2) nel secondo contenitore i sali a base di solfato (compresi i microelementi, eventualmente), fosfato ed eventualmente parte dei sali a base di nitrato;
- 3) nel terzo contenitore si aggiunge l'acido diluito (5-10%, al massimo).

Il metodo semplificato riportato più avanti richiede un solo contenitore.

Tabella 10. Suddivisione dei vari fertilizzanti e acidi nei contenitori di soluzione concentrata.

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; in questo caso è necessario un contenitore specifico per l'acido.

UN METODO SEMPLIFICATO PER L'ELABORAZIONE DEL PIANO DI FERTIRRIGAZIONE

Il metodo proposto non necessita di computer e software specifici, in quanto i necessari calcoli, semplificati al massimo, possono essere effettuati con un normalissima calcolatrice e l'ausilio di una *scheda* (Appendice 2). Per facilitare le operazioni consigliamo di fotocopiare la scheda e di tenere la copia accanto al presente manuale per seguire meglio i diversi passaggi del metodo proposto. La procedura prevede alcuni presupposti:

- 1) Il piano prende in considerazione solo tre elementi fertilizzanti: azoto (N), fosforo (P₂O₅) e potassio (K₂O). Sono esclusi dal calcolo il calcio, il magnesio ed i microelementi, la cui dotazione è spesso sufficiente nei terreni della Val di Cornia oppure viene ripristinata in pre-impianto.
- 2) La procedura non tiene conto degli elementi nutritivi apportati direttamente con l'acqua irrigua. Soprattutto nel caso dell'azoto, quest'apporto potrebbe non essere trascurabile; ad esempio, una concentrazione di 10 ppm di N-nitrico (realistica), per un volume di 2000 m³/ha corrisponde ad un apporto di 20 UF di N. D'altra parte, è anche

vero che nelle aziende le analisi chimiche dell'acqua irrigua raramente sono effettuate con una frequenza tale da apprezzare le notevoli oscillazioni stagionali del contenuto di azoto.

- 3) Si prevede la preparazione di un'unica soluzione-stock, anche se questo comporterà delle limitazioni rispetto alla più classica tecnica "AB+" (due stock salini + quello dell'acido). Quindi, si prevede solo l'impiego di concimi miscibili tra loro; l'uso del nitrato di calcio è possibile solo come unico concime, eventualmente insieme all'acido nitrico.
- 4) Il pH della soluzione nutritiva viene aggiustato a 6 (v. paragrafo sull'acidificazione dell'acqua), valore intorno al quale piccoli errori di dosaggio dell'acido non hanno effetti importanti sul pH. L'acidificazione è effettuata in prima battuta con acido nitrico in considerazione del suo valore fertilizzante; non si esclude, però, l'uso dell'acido fosforico, che potrebbe essere utile nel caso di piani di concimazione poveri di N, e/o dell'acido solforico, nel caso di acque particolarmente alcaline.
- 5) La concentrazione della soluzione nutritiva è costante durante tutto il ciclo, ma variando i volumi irrigui varieranno di conseguenza anche le dosi somministrate alla coltura. Questo presupposto non ha una base fisiologica e serve solo alla semplificazione del metodo. In effetti, per molte colture è utile variare i rapporti N:P:K in funzione della fase fenologica. Ad esempio, per il pomodoro, soprattutto quello da industria a raccolta meccanica, potrebbe essere importante diminuire l'azoto ed avere una miscela con un rapporto K/N più alto nella fase finale del ciclo. Per meglio soddisfare i fabbisogni nutritivi delle colture è possibile formulare miscele diverse. Ovviamente, questo presuppone che il piano di concimazione distingua in modo preciso le varie fasi fenologiche per volumi irrigui e UF. La **Tabella 11** mostra, ad esempio, i rapporti consigliati per le varie fasi del ciclo culturale del melone in pieno campo (pacciamato).

Tabella 11. Piano di fertirrigazione di una coltura di pieno campo di melone (pacciamato) per la zona della Val di Cornia. I valori sono espressi in % sul totale del volume irriguo e delle UF da distribuire alla coltura in copertura.

Fase	Volume irriguo	UF N	UF P ₂ O ₅	UF K ₂ O
Da trapianto – a frutti 30 mm di diametro	32	15	20	10
Da frutti 30 mm di diametro – a inizio raccolta	39	65	50	65
Da inizio raccolta – a fine raccolta	29	20	30	25

Lo schema logico del metodo è riportato nella **Tabella 12**. Il piano è elaborato dal laboratorio di analisi e/o direttamente dall'azienda (o dai suoi consulenti).

Tabella 12. illustrazione schematica del metodo semplificato di calcolo delle concentrazioni di concimi idrosolubili nell'acqua di fertirrigazione

1. Analisi dell'acqua irrigua (CE, alcalinità)	
2. Analisi del terreno	
3. Piano di concimazione: dosaggio per la concimazione NPK in pre-impianto e in copertura (fertirrigazione)	UF (kg/ha)
4. Stima del fabbisogno irriguo della coltura	i
5. Calcolo del fattore di concentrazione della soluzione-madre (FC) in funzione della portata dell'impianto irriguo (P _I) e del eiettore (P _E)	$FC = P_I/P_E$ (FC < 200)
6. Calcolo del fabbisogno di acido in funzione dell'alcalinità	HA
7. Calcolo della quantità di NPK apportati con l'acidificazione	UF _A
8. Calcolo della quantità di N, P e K (kg/ha) da apportare con i sali (UF _S)	$UF_S = UF - UF_A$
9. Calcolo della concentrazione di concimi (g/m ³) in funzione di UF _S e I	$C_S = UF_S / I$
10. Stima della EC (mS/cm) dell'acqua di fertirrigazione	$EC = 1,56 \times C_S$
11. Calcolo della concentrazione della soluzione-madre	$C_{SM} = C_S \times FC$

Dati richiesti

A) per il calcolo della concentrazione stock (miscela madre)

- § volume d'adacquamento;
- § dimensione dell'appezzamento irriguo;
- § distanza tra le linee gocciolanti
- § interdistanza dei gocciolatori;
- § portata del singolo gocciolatore.

B) Per il calcolo della composizione dell'acqua di fertirrigazione:

- § valore complessivo, per l'intero ciclo o per le singole fasi colturali, delle unità fertilizzanti (UF, kg/ha) di N, P e K da distribuire via fertirrigazione;
- § fabbisogno idrico (m^3/ha) complessivo, per l'intero ciclo o per le singole fasi colturali, (m^3/ha);
- § l'alcalinità (meq/L o ppm di bicarbonati) dell'acqua irrigua;
- § CE (mS/cm.) dell'acqua d'irrigazione;

La **Tabella 13** riporta i fabbisogni idrici di alcune colture ortive.

Tabella 13. Fabbisogni irrigui per colture ortive irrigate a goccia e pacciamate.

Coltura e tipologia di coltivazione	Fabbisogno minimo (m^3/ha)	Fabbisogno massimo (m^3/ha)	Fabbisogno medio (m^3/ha)	Fonte
Cocomero pieno campo	1550	1850	1700	Schede irrigue ARSIA
Cocomero tunnel 30 cm.	800	1500	1150	Schede irrigue ARSIA
melone pieno campo	1950	2400	2175	Schede irrigue ARSIA
Melone tunnel 30 cm.	1400	1750	1575	Schede irrigue ARSIA
Melone tunnel 80 cm.	800	1000	900	Dati CIA
Pomodoro da industria	2900	2350	2625	Schede irrigue ARSIA
Pomodoro da mensa ad accrescimento determinato	2600	1800	2200	Schede irrigue ARSIA
Peperone	3200	2650	2925	Schede irrigue ARSIA

Calcolo

Per il calcolo della soluzione si usa la *scheda* suddivisa in 4 zone, oltre alle ISTRUZIONI.

La PARTE A riporta i dati per il calcolo del fattore di concentrazione della soluzione stock (FC), come meglio illustrato nelle prossime pagine. Nella PARTE B devono essere inserite le caratteristiche dell'acqua: alcalinità (contenuto di bicarbonati espresso in meq/L o in ppm) e la CE (mS/cm). La PARTE C è relativa agli obiettivi; richiede cioè le UF di N, P₂O₅ e K₂O che s'intende distribuire alla coltura con la fertirrigazione. Infine, la PARTE D serve per il calcolo vero e proprio della composizione della soluzione nutritiva e della soluzione stock.

Nella prima colonna (1) della PARTE D è elencata una serie di acidi e sali. Nella colonna 2 si deve trascrivere l'alcalinità dell'acqua corretta per pH 6. Nella colonna 3 vengono riportate le concentrazioni dei diversi composti espresse in grammi (sali) o millilitri (acidi) per metro cubo. Nella colonna 4 sono riportati gli incrementi di CE. Gli incrementi determinati dall'aggiunta dei vari sali saranno sommati alla CE dell'acqua di partenza per stimare la CE dell'acqua di fertirrigazione; questo valore servirà per i controlli in campo (v. avanti).

Il dosaggio dell'acido deriva dall'applicazione della formula a pagina XX, mentre per i sali il calcolo è il seguente:

$$Q_{\text{conc}} \text{ (kg/m}^3\text{)} = (\text{UF} \times 100) : (\text{T}\% \times \text{I})$$

dove Q_{conc} è la quantità di concimi in kg/m³, UF sono le quantità (kg/ha) di N, P₂O₅ e K₂O da distribuire, T% è il titolo in percentuale del concime impiegato e I è il volume irriguo (m³/ha), per singola fase o intero ciclo.

§ Ad esempio: per I = 2000 m³/ha; UF = 100 kg/ha; T% = 34% (nitrato di ammonio)

$$Q_{\text{conc}} = (100 \times 100) : (34 \times 2000) = 10.000 : 68.000 = 0.147 \text{ kg/m}^3$$

Per facilitare i calcoli, sia per gli acidi che per i sali sono state predisposte e riportate in Appendice una serie di tabelle per i vari prodotti consigliati. Le tabelle consentono di individuare rapidamente le varie concentrazioni e le UF apportate in funzione dell'alcalinità dell'acqua (nel caso degli acidi) e dei volumi irrigui.

Le tabelle degli acidi (Appendici 3 – 7)

Per gli acidi sono riportati prodotti a diversa concentrazione. Nelle tabelle degli acidi le prime due colonne a sinistra riportano il contenuto di bicarbonati nell'acqua d'irrigazione (espresso in meq/L o in ppm).

Per conoscere la quantità di acido necessaria a correggere il pH dell'acqua, si deve scorrere la colonna dei bicarbonati fino alla riga che ha il valore più vicino al contenuto di bicarbonati dell'acqua. In corrispondenza di questa riga, nella colonna 3, leggeremo il dosaggio dell'acido (in mL/m³; valore da riportate nella *scheda*) necessario per aggiustare il pH a 6.

§ Esempio: acido nitrico 67% (Appendice 4).

Volume irriguo = 2000 m³; conc. bicarbonati = 300 ppm; UF N da distribuire = 130.

Scorriamo la colonna 2 (bicarbonati, ppm) fino ad incontrare il numero più vicino a 300, cioè 299. Nella terza colonna leggiamo il valore della concentrazione dell'acido nell'acqua di fertirrigazione: 222 mL/m³. Incrociando questa riga con la colonna del volume irriguo previsto, si individuano le UF distribuite alla coltura: 93 kg/ha. Il rimanente apporto di N, eventualmente, sarà soddisfatto con l'uso di un concime azotato.

Nel caso in cui l'aggiunta di acido nitrico per portare pH a 6 determini una distribuzione di azoto superiore alle nostre necessità allora il dosaggio dell'acido nitrico va fatto scorrendo la colonna relativa ai volumi irrigui e scegliendo la concentrazione più vicina alle UF N da distribuire; il numero corrispondente della colonna dei bicarbonati (inferiore ai bicarbonati dell'acqua) va trascritto sulla scheda. Per il dosaggio del secondo acido vanno sottratti ai bicarbonati dell'acqua il numero trascritto nella colonna dei bicarbonati con l'aggiunta del primo acido. Ad esempio, considerando l'acido nitrico al 53%, i bicarbonati = 347 ppm, UF N da distribuire 100, volume irriguo 2250 m³: con 282 ml. di acido nitrico si distribuiscono circa le UF N necessarie (riporto 99 nella colonna UF Azoto), trascrivo 284 nella colonna dei bicarbonati, $347 - 284 = 63$, questo valore ci guiderà nel dosaggio dell'acido successivo da introdurre in soluzione in quanto è necessario apportare altro acido affinché la soluzione nutritiva abbia pH 6. Dalla tabella dell'acido fosforico al 75% (Appendice 5) si scorra la colonna dei bicarbonati fino ad incontrare 63 e si legga nella colonna accanto che la quantità di acido fosforico da aggiungere è 58 ml.;

Le tabelle dei sali (Appendici 8 – 13)

In questo caso, occorre far subito riferimento al volume d'adacquamento complessivo. Si scorre la colonna fino a trovare il valore più prossimo alle UF che si intende distribuire. In corrispondenza di questa riga, sulla colonna 1 è indicata la concentrazione (g/m^3) dell'acqua di fertirrigazione.

Esempio: solfato di potassio (Appendice 9). Volume irriguo = 1500 m^3 . UF N da distribuire = 240. Scorriamo la colonna relativa al volume irriguo di 1500 Mc./Ha fino ad incontrare il numero più vicino a 240: 244. S'incrocia quindi questa riga con la colonna 1 per individuare il valore della concentrazione del sale nell'acqua di fertirrigazione: $325 \text{ g}/\text{m}^3$.

Compilazione della scheda per il calcolo della soluzione nutritiva (Appendice 2)

La compilazione è guidata dalla *scheda* stessa (ISTRUZIONI). Si riportano i dati relativi al tipo di coltura ed al volume irriguo (m^3/ha), dopodiché si procede a riempire i campi delle varie parti.

§ PARTE A - Per il calcolo del fattore di concentrazione della soluzione stock (FC), occorre conoscere: la superficie appezzamento (S; ha), la portata gocciolatori (PI; L/h); la distanza dei gocciolatori sulla linea (DL; m) e la distanza tra le linee irrigue (DTL; m); la portata dell'eiettore (PE; L/h); il volume della soluzione stock (V; ettolitre). Questo il calcolo:

$$\text{FC} = (\text{S} \times \text{PI}) : (\text{DL} \times \text{DTL} \times \text{PE})$$

FC corrisponde a quante volte è concentrata la miscela-madre, diviso 10.000 per passare subito da g o mL per m^3 a kg o L per hL; FC deve essere inferiore a 0.02 (miscela concentrata 200 volte) per evitare la precipitazione dei sali nella soluzione stock. FC è il valore per cui devono essere moltiplicati i valori delle concentrazioni degli acidi e/sali utilizzati nella soluzione nutritiva (PARTE D) al fine di formulare la soluzione concentrata o miscela madre.

§ PARTE B & C - Inserire i dati richiesti per l'acqua irrigua e per il piano di concimazione.

§ PARTE D – Questa parte deve essere prima compilata per la quantità di acido o acidi necessari per la correzione del pH, utilizzando le tabelle predisposte per le varie miscele di acido nitrico, fosforico e/o solforico. Dopo il calcolo per l'acido, si procede al dosaggio

dei sali. La sequenza logica è a seguente:

1. si dosa l'acido nitrico per portare il pH della soluzione a 6;
2. se la quantità di acido compatibile con le UF di N indicate nella PARTE C non è sufficiente a correggere il pH (cioè, il valore di bicarbonati già riportato nella colonna 2 è molto diverso da quello dell'acqua irrigua, indicato nella colonna 2, della PARTE B) si aggiunge acido fosforico;
3. se anche dopo aver dosato l'acido fosforico, la somma dei valori di bicarbonati nella colonna 2 è ancora inferiore (più di 30-50 ppm) a quella dell'acqua irrigua, occorre aggiungere acido solforico;
4. se con l'acidificazione non sono state soddisfatte completamente le esigenze in termini di UF di N e di P_2O_5 , occorre aggiungere dei sali seguendo l'ordine indicato dalla *scheda*. Questa riporta anche il nitrato di calcio, che deve essere usato come unico concime (al limite, insieme all'acido nitrico), eventualmente anche per solo una o poche fertirrigazioni.

Una volta dosati acidi e/sali, occorre calcolare la concentrazione (kg o L per ettolitro) e le dosi (in funzione del volume V, già indicato nella Parte A) per la soluzione-stock. Per questo è sufficiente moltiplicare per FC i valori della colonna 3 e riportare i prodotti nelle righe corrispondenti della colonna 5; questi ultimi valori, infine, sono moltiplicati per il volume V (Hl) dello stock e riportati nella colonna 6.

Esempio di calcolo

Nella **Tabella 14** è riportato un esempio di calcolo per una coltura di peperone: 0,5 ha; volume irriguo stagionale di 2500 m³/ha; portata dei gocciolatori (PI) di 1 L/h; distanza tra i gocciolatori sulla linea (DL) di 0,4 m e tra le linee (DTL) di 1,8 m; portata dell'eiettore (PE) 50 L/h; volume della soluzione stock (V) 2 Hl.

I dati sono inseriti nella Parte A della *scheda* per il calcolo dell'FC. Secondo il piano di concimazione sono da distribuire 180 UF di azoto, 110 UF di fosforo (P_2O_5), 240 UF potassio (K_2O); questi sono i valori da inserire nella Parte C. Le caratteristiche dell'acqua sono: CE di 1,1 mS/Cm; concentrazione di bicarbonati pari a 298 ppm. Questi dati vanno inseriti nelle caselle corrispondenti della Parte B. I dati da inserire nella Parte D sono ricavati dalla consultazione delle tabelle relative agli acidi e ai sali.

Si neutralizzano i bicarbonati (per pH = 6.0) utilizzando acido nitrico al 53%; dalla tabella corrispondente si ricava la concentrazione di acido: 297 mL/m³. Riportiamo il valore 299 nella colonna 2 sulla riga corrispondente all'acido. Con questa dose d'Acido, apportiamo 116 UF azoto; questo valore è riportato nella colonna 7, riga dell'acido nitrico 53%. Sottraendo questo valore alle UF dell'obiettivo (PARTE C), si calcola l'apporto rimanente di N: 64 UF.

Si potrebbe scegliere di apportare le rimanenti UF di N con nitrato di potassio, ma in questo caso si distribuirebbe quasi tutto il potassio e l'azoto necessari, e non potremo più apportare il fosforo. Aggiungiamo, pertanto, il fosfato monoammonico, 70 g/m³, con il quale si distribuiscono 109 UF di P₂O₅ e 21 di N; questi due valori saranno riportati nelle caselle corrispondenti. Questa aggiunta aumenta la CE di 70 per 0,00156 = 0,11 mS/cm che segneremo nella colonna 4.

Il dosaggio dell'N è completato con nitrato di potassio: 130 g/m³, che apportano 42 UF di azoto e 153 di K₂O e determinano un aumento di CE di 0,20 mS/cm. Le rimanenti UF di K₂O sono aggiunte come solfato di potassio (70 g/ m³, che determinano un aumento di CE di 0,11 mS/cm). La somma dei valori per le colonne 7, 8 e 9 è molto simile alle UF che intendevamo distribuire al terreno. Il pH della soluzione finale sarà circa 6, in quanto la somma dei valori della colonna 2 (concentrazione di bicarbonati saturata con l'acido) è di poco superiore a 298 (valore della concentrazione di bicarbonati nell'acqua irrigua).

La somma dei valori della colonna 4 è la CE della soluzione di fertirrigazione: 1,52 mS/cm . Il valore di FC nella PARTE A è 0,014; questo valore deve essere moltiplicato per la concentrazione di ogni singolo acido e sale per stabilire la composizione della soluzione stock, espressa in L e kg per hL. Questi valori, infine, devono essere moltiplicati per il volume (V; 2 Hl nell'esempio) dello stock per determinare le quantità di acido e di sali necessarie per preparare l'intero volume di stock: 8,32 L di acido nitrico 53%; Kg 1,96 di fosfato monoammonico; Kg 3,64 di nitrato di potassio; Kg 1,96 di solfato di potassio.

Nelle **Appendici 14-16** sono riportati altri esempi relativi a colture ortive tipiche della Val di Cornia basati su reali analisi del terreno e considerando un cereale autunno-vernino (con paglia interrata) come coltura precedente all'ortiva.

Tabella 14: Esempio di calcolo di una soluzione nutritiva (v. testo)

Coltura/stadio = PEPPERONE / intero ciclo			Volume irriguo (m ³) = 2500						
Parte A	CARATTERISTICHE IMPIANTISTICHE		ISTRUZIONI:						
	S - superficie appezzamento (ha)	0,5	[1] $FC = (S \times PI) / (DL \times DTL \times PE) < 0.02$						
	PI - Portata gocciolatori (L/h)	1,0	[2] Inserire il valore del contenuto di bicarbonati che, nella tabella dell'acido, corrisponde alla concentrazione dell'acido stesso scelta in base alla necessità di correggere il pH senza superare le UF dell'obiettivo. Se questo valore è notevolmente inferiore a quello dell'acqua irrigua, occorre passare all'acido fosforico e/o solforico, ripetendo quindi le operazioni di lettura e trascrizione dei dati relativi ai bicarbonati.						
	DL - Distanza dei gocciolatori su linea (m)	0,4	[3] Individuare nelle tabelle dei sali le dosi necessarie per apportare le UF non distribuite con gli acidi.						
	DTL - Distanza tra le linee (m)	1,8	[4] Per calcolare l'incremento di CE dovuto all'aggiunta di sali moltiplicare i valori della colonna 3 per 0.00156						
	PE - Portata eiettore (L/h)	50,0	[5] Per calcolare la conc. (L o kg/100 L) dello stock, moltiplicare per FC le conc. di acido e/o sali (in mL o g per m ³) già calcolate.						
	FC - Fattore di concentrazione s.stock [1]	0,014	[6] Calcolare le dosi per l'intero volume di stock, moltiplicando il valore della concentrazione dello stock per V (in ettolitri)						
	V - Volume soluzione stock (ettolitri)	2,0	[7] Fare le somme dell'incremento di CE (necessario per calcolare il valore di CE della acqua di fertirrigazione), dei bicarbonati (deve essere la più vicina possibile al valore dell'acqua irrigua) e delle UF apportate, da confrontare con gli obiettivi del pianto di concimazione.						
Parte B	CARATTERISTICHE DELL'ACQUA IRRIGUA	Bicarbonati (ppm o meq/L)		CE (mS/cm)	PARTE C		UF AZOTO (N, kg/ha)	UF FOSFORO (P ₂ O ₅ kg/ha)	UF POTASSIO (K ₂ O kg/ha)
		298		1,10	OBBIETTIVO: UF da distribuire con la fertirrigazione		180	110	240
Parte D	CALCOLI								
	<i>Sale o Acido</i>	Max conc. bicarbonati per pH = 6.0 (ppm o meq/L) [2]	Grammi o millilitri per metro cubo [3]	Aumento di CE (mS/cm) [4]	Dose per sol. stock kg o L/100 L (5)	Dose per volume stock [6]			
	Acido nitrico 53% (N)	299	297		4,16	8,32	116		
	Acido nitrico 67% (N)								
	Acido fosforico 75% (P205)								
	Acido fosforico 85% (P205)								
	Acido solforico 94% (N)								
	Fosfato monopotassico (P205- K2O)								
	Solfato di potassio (K20)		70	0,11	0,98	1,96			88
	Nitrato di potassio (N-K20)		130	0,20	1,82	3,64	42		153
	Fosfato monoammonico (N - P205)		70	0,11	0,98	1,96	21	109	
	Nitrato di ammonio (N)								
	Nitrato di calcio (N)								
RISULTATO FINALE [7]	299		1,52			179	109	241	
colonna	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ACCORGIMENTI E CONTROLLI

Preparazione della soluzione stock

Occorre riempire con acqua il contenitore (graduato, possibilmente) fino a 2/3 del volume finale, aggiungere prima l'acido o gli acido e successivamente i vari sali, agitando energicamente; infine, si finisce di riempire con acqua. Per evitare la precipitazione dei sali, occorre scioglierli singolarmente, meglio se l'acqua non è troppo fredda (come spesso accade se appena prelevata dal pozzo).

Se le soluzioni stock non sono preparate di volta in volta, è consigliabile dotare i serbatoi di agitatori meccanici per rimescolare periodicamente le soluzioni. Una volta disciolti tutti i sali la soluzione è stabile e può essere utilizzata per più fertirrigazioni; il pH acido e l'elevata concentrazione salina impediscono la formazione di alghe, ma è consigliabile conservare la soluzione per non più di 3-4 settimane in un posto riparato.

Nelle colture a terra, in occasione di ogni fertirrigazione, di norma abbastanza lunga, è consigliabile avviare l'iniezione del concime dopo alcuni minuti di funzionamento dell'impianto e sospenderla prima della fine dell'irrigazione, per lavare gli impianti. E' bene anche registrare le date ed i valori relativi ai volumi d'acqua, alle quantità di fertilizzanti ed i valori di pH e EC della soluzione nutritiva (eventualmente misurati) per ogni fertirrigazione, annotando ogni anomalia (V. **Tabella 15**).

Prima di eseguire la prima fertirrigazione consigliamo di preparare una ventina di litri di miscela madre per effettuare dei controlli preliminari. Per i controlli occorre dotarsi di un conduttimetro-pHmetro portatile, un recipiente graduato (1 L), siringhe o misurini per volumi che vanno da 10 a 50 ml.

Controllo della soluzione concentrata

Si tratta di diluire manualmente la soluzione stock. Per sapere il rapporto di diluizione basta moltiplicare FC per 10000; ad es. per $FC = 0.014$, soluzione concentrata $0,014 \times 1000 = 140$ volte. Si riempie a metà il recipiente da 1 L con l'acqua irrigua, si aggiungono 7 ml di soluzione madre ($1000/140 = \text{circa } 7$), si porta a volume la soluzione agitando e si misura infine la CE e il pH. Se i valori sono diversi da quelli desiderati, occorre procedere ad una nuova diluizione, controllare la CE dell'acqua irrigua (potrebbe essere diversa da quella prevista) ed eventualmente riverificare i calcoli aritmetici (controlla le formule riportate nella SCHEDA).

Nel caso di acque irrigue con una concentrazione di bicarbonati molto variabile nel tempo, se non si usano fertirrigatori con controllo automatico del pH e della CE, si può prevedere di usare solo sali solubili, senza acidificazione.

Controllo della soluzione nutritiva

Verificata la correttezza del rapporto di diluizione, occorre verificare che la soluzione nutritiva effettivamente distribuita in campo ha le caratteristiche di pH e di CE desiderati (e previsti). A tal scopo, occorre campionare dell'acqua di fertirrigazione dai gocciolatori qualche minuto dopo l'avvio della fertirrigazione. Nel caso di valori anomali, occorre variare la portata dell'eiettore, ad esempio, nel caso del tubo di Venturi, modificando la differenza di pressione oppure agendo sui limitatori di flusso, fin a quanto il pH e la CE non siano quelle giuste. In caso di insuccesso di queste operazioni, occorre ricalcolare o rimisurare le portate degli impianti ed eventualmente calcolare un nuovo valore di FC.

Questi controlli sono indispensabili all'inizio del ciclo colturale e vanno ripetuti inizialmente ogni settimana; in seguito, quando siamo sicuri di una certa stabilità del sistema, è sufficiente un controllo ogni uno o due mesi. È consigliabile mantenere in campo uno o due contenitori per raccogliere la soluzione dai gocciolatori ed agevolare così il controllo dei vari parametri (**Tabella 15**).

BIBLIOGRAFIA

- § Autori vari (a cura di A. Pardossi, L. Incrocci e P. Marzioletti) (2004). L'uso razionale delle risorse nel florovivaismo: l'acqua. Quaderno ARSIA (Regione Toscana) 5, Firenze.
- § Baroncelli P, Landi S., Marzioletti P., Scavo N. (2004). Uso razionale delle risorse nel florovivaismo: i fertilizzanti. Quaderno ARSIA (Regione Toscana) 2, Firenze.
- § Battilani, A., 2001. Calcolare correttamente la fertirrigazione con il minimo di inputs. L'Informatore Agrario 18, 35-42.
- § Battilani, A., 2001. Criteri e strategie per la gestione della fertirrigazione. Convegno Naz. Fertilizzazione Colture Ortive. Cesena 30 novembre 2000. Supplemento a Terra e Vita 11, 51-58
- § Bertolacci M, Delli Paoli P. - 2003 – Irrigazione a goccia su colture ortive di pieno campo . Il Quadrifoglio.
- § Bertolacci M, Solinas I. (2003) - Software Ve.Pro.LG: Verifica e Progettazione di Linee Gocciolanti per il risparmio di acqua e di energia. ARSIA (Regione Toscana)
- § Enzo M., Gianquinto G., Lazzerin R., Pimpini F., Sambo P. (2001). Principi tecnico-agronomici della fertirrigazione e del fuori suolo. Veneto Agricoltura, Legnaro (Padova).
- § Giannini A. Bagnoni V. (2000). Schede di tecnica irrigua per l'agricoltura toscana. ARSIA (Regione Toscana)
- § Hartz, T.K. and G.J. Hochmuth. 1996. Fertility management of drip-irrigated vegetables. Hort Technology, 168-172.
- § Reed D.W. (1996) Water, media and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing Book, Batavia, USA.
- § Riccò E. (1998). La fertirrigazione: panoramica dei sistemi in uso. Il Floricoltore 35, 42-47.
- § Zuccari D., Di Noia M., Siviero P. (2000). Linee guida e sistemi per la fertirrigazione in orticoltura. L'Informatore Agrario 22, 33-36.

APPENDICI

APPENDICE 1

I modi più comuni di esprimere la concentrazione di una soluzione nutritiva

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

- $1 \text{ mol/L (M)} = 1000 \text{ mmoli/L (mM)}$

Normalità (N): numero di grammo-equivalenti di soluto contenuti in un litro di soluzione. Per uno ione, il peso equivalente (eq) è uguale al peso atomico (A) od al peso molecolare o formula (PM) diviso la valenza, cioè il numero di cariche (positive o negative).

- Ad esempio: Calcio (Ca^{2+}): $A = 40$; $\text{eq} = 40 / 2 = 20$

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

- $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L} = 1 \text{ g/m}^3$
-

Per trasformare	in	moltiplicare per
N	NO_3^-	4,43
N	NH_4^+	1,29
P	P_2O_5	2,29
P	PO_4^{3-}	3,1
K	K_2O	1,2
S	SO_4^{2-}	3
S	SO_3	2,05
Ca	CaO	1,4
Mg	MgO	1,67
NO_3^-	N	0,23
NH_4^+	N	0,78
P_2O_5	P	0,44
PO_4^{3-}	P	0,33
K_2O	K	0,83
SO_4^{2-}	S	0,33
SO_3	S	0,4
CaO	Ca	0,71
MgO	Mg	0,6

APPENDICE 2: Scheda per il calcolo della composizione della soluzione nutritiva

Coltura/stadio =			Volume irriguo (m ³) =		Note =				
Parte A	CARATTERISTICHE IMPIANTISTICHE		ISTRUZIONI: [1] $FC = (S \times PI) / (DL \times DTL \times PE) < 0.02$ [2] Inserire il valore del contenuto di bicarbonati che, nella tabella dell'acido, corrisponde alla concentrazione dell'acido stesso scelta in base alla necessità di correggere il pH senza superare le UF dell'obiettivo. Se questo valore è notevolmente inferiore a quello dell'acqua irrigua, occorre passare all'acido fosforico e/o solforico, ripetendo quindi le operazioni di lettura e trascrizione dei dati relativi ai bicarbonati. [3] Individuare nelle tabelle dei sali le dosi necessarie per apportare le UF non distribuite con gli acidi. [4] Per calcolare l'incremento di CE dovuto all'aggiunta di sali moltiplicare i valori della colonna 3 per 0.00156 [5] Per calcolare la conc. (L o kg/100 L) dello stock, moltiplicare per FC le conc. di acido e/o sali (in mL o g per m3) già calcolate. [6] Calcolare le dosi per l'intero volume di stock, moltiplicando il valore della concentrazione dello stock per V (in ettolitri) [7] Fare le somme dell'incremento di CE (necessario per calcolare il valore di CE della acqua di fertirrigazione), dei bicarbonati (deve essere la più vicina possibile al valore dell'acqua irrigua) e delle UF apportate, da confrontare con gli obiettivi del pianto di concimazione.						
	S - superficie appezzamento (ha) =								
	PI - Portata gocciolatori (L/h) =								
	DL - Distanza dei gocciolatori su linea (m) =								
	DTL - Distanza tra le linee (m) =								
	PE - Portata eiettore (L/h) =								
	FC - Fattore di concentrazione s.stock [1] =								
V - Volume soluzione stock (ettolitri) =									
Parte B	CARATTERISTICHE DELL'ACQUA IRRIGUA	Bicarbonati (ppm o meq/L) =		CE (mS/cm) =	Parte C		UF AZOTO (N, kg/ha)	UF FOSFORO (P ₂ O ₅ kg/ha)	UF POTASSIO (K ₂ O kg/ha)
					OBIETTIVO: UF da distribuire con la fertirrigazione				
Parte D	CALCOLI								
	<i>Sale o Acido</i>	Max conc. bicarbonati per pH (ppm o meq/L) [2]	Grammi o millilitri per m ³ [3]	Aumento CE (mS/cm) [4]	Dose per sol. stock kg o L/100 L [5]	Dose per volume stock [6]			
	Acido nitrico 53% (N)								
	Acido nitrico 67% (N)								
	Acido fosforico 75% (P205)								
	Acido fosforico 85% (P205)								
	Acido solforico 94% (N)								
	Fosfato monopotassico (P205- K2O)								
	Solfato di potassio (K20)								
	Nitrato di potassio (N-K20)								
	Fosfato monoammonico (N - P205)								
	Nitrato di ammonio (N)								
	Nitrato di calcio (N)								
RISULTATO FINALE [7]									
colonna	1	2	3	4	5	6	7	8	9

APPENDICE 3 – Acido nitrico 53 %

Acido =	NITRICO 53%	Peso molecolare =	63.0											
H ⁺ per molecola =	1.0	Conc. molare (M) =	11.2											
Peso atomico nutriente =	14.0	Conc. meq H ⁺ per mL =	11.2											
Titolo (%) =	53.0	mg nutriente per mL =	156.6											
Densità (kg/L) =	1.33	Conversione in UF N =	1.0											
Volume irriguo stagionale (m ³ /ha)														
Conc. bicarbonati acqua irrigua (da neutralizzare al 70% per pH=6)		Concentrazione di acido (mL/m ³)	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
(meq/L)	(ppm)		UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)
0.50	32	31	1	2	4	5	6	7	9	10	11	12	13	15
0.75	47	47	2	4	6	7	9	11	13	15	17	18	20	22
1.00	63	63	2	5	7	10	12	15	17	20	22	25	27	29
1.25	79	78	3	6	9	12	15	18	21	25	28	31	34	37
1.50	95	94	4	7	11	15	18	22	26	29	33	37	40	44
1.75	110	109	4	9	13	17	21	26	30	34	39	43	47	51
2.00	126	125	5	10	15	20	25	29	34	39	44	49	54	59
2.25	142	141	6	11	17	22	28	33	39	44	50	55	61	66
2.50	158	156	6	12	18	25	31	37	43	49	55	61	67	74
2.75	173	172	7	13	20	27	34	40	47	54	61	67	74	81
3.00	189	188	7	15	22	29	37	44	51	59	66	74	81	88
3.25	205	203	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
3.50	221	219	9	17	26	34	43	51	60	69	77	86	94	103
3.75	236	235	9	18	28	37	46	55	64	74	83	92	101	110
4.00	252	250	10	20	29	39	49	59	69	78	88	98	108	118
4.25	268	266	10	21	31	42	52	62	73	83	94	104	115	125
4.50	284	282	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132
4.75	299	297	12	23	36	47	58	70	81	93	105	116	128	140
5.00	315	313	12	25	37	49	61	74	86	98	110	123	135	147
5.25	331	328	13	26	39	51	64	77	90	103	116	129	141	154
5.50	347	344	13	27	40	54	67	81	94	108	121	135	148	162
5.75	362	360	14	28	42	56	70	85	99	113	127	141	155	169
6.00	378	375	15	29	44	59	74	88	103	118	132	147	162	176
6.25	394	391	15	31	46	61	77	92	107	123	138	153	168	184
6.50	410	407	16	32	48	64	80	96	111	127	143	159	175	191
6.75	425	422	17	33	50	66	83	99	116	132	149	165	182	198
7.00	441	438	17	34	51	69	86	103	120	137	154	172	189	206
7.25	457	454	18	36	53	71	89	107	124	142	160	178	195	213
7.50	473	469	18	37	55	74	92	110	129	147	165	184	202	221

APPENDICE 4 – Acido nitrico 67 %

Acido =	NITRICO 67%	Peso molecolare =	63.0											
H ⁺ per molecola =	1.0	Conc. molare (M) =	15.0											
Peso atomico nutriente =	14.0	Conc. meq H ⁺ per mL =	15.0											
Titolo (%) =	67.0	mg nutriente per mL =	209.9											
Densità (kg/L) =	1.41	Conversione in UF N =	1.0											
Volume irriguo stagionale (m ³ /ha)														
Conc. bicarbonati acqua irrigua (da neutralizzare al 70% per pH=6)		Concentrazione di acido (mL/m ³)	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
(meq/L)	(ppm)		UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)
0.50	32	23	1	2	4	5	6	7	9	10	11	12	13	15
0.75	47	35	2	4	6	7	9	11	13	15	17	18	20	22
1.00	63	47	2	5	7	10	12	15	17	20	22	25	27	29
1.25	79	58	3	6	9	12	15	18	21	25	28	31	34	37
1.50	95	70	4	7	11	15	18	22	26	29	33	37	40	44
1.75	110	82	4	9	13	17	21	26	30	34	39	43	47	51
2.00	126	93	5	10	15	20	25	29	34	39	44	49	54	59
2.25	142	105	6	11	17	22	28	33	39	44	50	55	61	66
2.50	158	117	6	12	18	25	31	37	43	49	55	61	67	74
2.75	173	128	7	13	20	27	34	40	47	54	61	67	74	81
3.00	189	140	7	15	22	29	37	44	51	59	66	74	81	88
3.25	205	152	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
3.50	221	163	9	17	26	34	43	51	60	69	77	86	94	103
3.75	236	175	9	18	28	37	46	55	64	74	83	92	101	110
4.00	252	187	10	20	29	39	49	59	69	78	88	98	108	118
4.25	268	198	10	21	31	42	52	62	73	83	94	104	115	126
4.50	284	210	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132
4.75	299	222	12	23	35	47	58	70	81	93	105	116	128	140
5.00	315	233	12	25	37	49	61	74	86	98	110	123	135	147
5.25	331	245	13	26	39	51	64	77	90	103	116	129	141	154
5.50	347	257	13	27	40	54	67	81	94	108	121	135	148	162
5.75	362	268	14	28	42	56	70	85	99	113	127	141	155	169
6.00	378	280	15	29	44	59	74	88	103	118	132	147	162	176
6.25	394	292	15	31	46	61	77	92	107	123	138	153	168	184
6.50	410	303	16	32	48	64	80	96	111	127	143	159	175	191
6.75	425	315	17	33	50	66	83	99	116	132	149	165	182	198
7.00	441	327	17	34	51	69	86	103	120	137	154	172	189	206
7.25	457	338	18	36	53	71	89	107	124	142	160	178	195	213
7.50	473	350	18	37	55	74	92	110	129	147	165	184	202	221

APPENDICE 5 – Acido fosforico 75 %

Acido =	FOSFORICO 75%	Peso molecolare =	98.0											
H ⁺ per molecola =	1.0	Conc. molare (M) =	12.1											
Peso atomico nutriente =	31.0	Conc. meq H ⁺ per mL =	12.1											
Titolo (%) =	75.0	mg nutriente per mL =	374.8											
Densità (kg/L) =	1.58	Conversione in UF P ₂ O ₅ =	2.29											
		Volume irriguo stagionale (m ³ /ha)												
Conc. bicarbonati acqua irrigua (da neutralizzare al 70% per pH=6)		Concentrazione di acido (mL/m ³)	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
(meq/L)	(ppm)		UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)
0.50	32	29	6	12	19	25	31	37	43	50	56	62	68	75
0.75	47	43	9	19	28	37	47	56	65	75	84	93	102	112
1.00	63	58	12	25	37	50	62	75	87	99	112	124	137	149
1.25	79	72	16	31	47	62	78	93	109	124	140	155	171	186
1.50	95	87	19	37	56	75	93	112	130	149	168	186	205	224
1.75	110	101	22	43	65	87	109	130	152	174	196	217	239	261
2.00	126	116	26	50	75	99	124	149	174	199	224	248	273	298
2.25	142	130	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	307	335
2.50	158	145	31	62	93	124	155	186	217	248	280	311	342	373
2.75	173	159	34	68	102	137	171	205	239	273	307	342	376	410
3.00	189	174	37	75	112	149	186	224	261	298	335	373	410	447
3.25	206	188	40	81	121	162	202	242	283	323	363	404	444	485
3.50	221	203	43	87	130	174	217	261	304	348	391	435	478	522
3.75	236	217	47	93	140	186	233	280	326	373	419	466	512	559
4.00	252	232	50	99	149	199	248	298	348	398	447	497	547	596
4.25	268	246	53	106	158	211	264	317	370	422	475	528	581	634
4.50	284	261	56	112	168	224	280	335	391	447	503	559	615	671
4.75	299	275	59	118	177	236	295	354	413	472	531	590	649	708
5.00	315	289	62	124	186	248	311	373	435	497	559	621	683	745
5.25	331	304	65	130	196	261	326	391	457	522	587	652	717	783
5.50	347	318	68	137	205	273	342	410	478	547	615	683	752	820
5.75	362	333	71	143	214	285	357	429	500	571	643	714	786	857
6.00	378	347	75	149	224	298	373	447	522	596	671	745	820	894
6.25	394	362	78	155	233	311	388	466	544	621	699	776	854	932
6.50	410	376	81	162	242	323	404	485	565	646	727	808	888	969
6.75	425	391	84	168	252	335	419	503	587	671	755	839	922	1006
7.00	441	405	87	174	261	348	435	522	609	696	783	870	957	1044
7.25	457	420	90	180	270	360	450	540	630	721	811	901	991	1081
7.50	473	434	93	186	280	373	466	559	652	745	839	932	1025	1118

APPENDICE 6 – Acido fosforico 85 %

Acido =	FOSFORICO 85%	Peso molecolare =	98.0											
H' per molecola =	1.0	Conc. molare (M) =	15.0											
Peso atomico nutriente =	31.0	Conc. meq H' per mL =	15.0											
Titolo (%) =	85.0	mg nutriente per mL =	465.2											
Densità (kg/L) =	1.73	Conversione in UF P ₂ O ₅ =	2.29											
Volume irriguo stagionale (m³/ha)														
Conc. bicarbonati acqua irrigua (da neutralizzare al 70% per pH=6)		Concentrazione di acido (mL/m ³)	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
(meq/L)	(ppm)		UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)	UF P205 (kg/ha)
0.50	32	23	6	12	19	25	31	37	43	50	56	62	68	75
0.75	47	35	9	19	28	37	47	56	65	75	84	93	102	112
1.00	63	47	12	25	37	60	62	75	87	99	112	124	137	149
1.25	79	58	16	31	47	62	78	93	109	124	140	155	171	186
1.50	95	70	19	37	56	75	93	112	130	149	168	186	205	224
1.75	110	82	22	43	65	87	109	130	152	174	196	217	239	261
2.00	126	93	25	50	75	99	124	149	174	199	224	248	273	298
2.25	142	105	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	307	335
2.50	158	117	31	62	93	124	155	186	217	248	280	311	342	373
2.75	173	128	34	68	102	137	171	205	239	273	307	342	376	410
3.00	189	140	37	75	112	149	186	224	261	298	335	373	410	447
3.25	206	152	40	81	121	162	202	242	283	323	363	404	444	485
3.50	221	163	43	87	130	174	217	261	304	348	391	435	478	522
3.75	236	175	47	93	140	186	233	280	326	373	419	466	512	559
4.00	252	187	50	99	149	199	248	298	348	398	447	497	547	596
4.25	268	198	53	106	158	211	264	317	370	422	475	528	581	634
4.50	284	210	56	112	168	224	280	335	391	447	503	559	615	671
4.75	299	222	59	118	177	236	295	354	413	472	531	590	649	708
5.00	315	233	62	124	186	248	311	373	435	497	559	621	683	745
5.25	331	245	65	130	196	261	326	391	457	522	587	652	717	783
5.50	347	257	68	137	205	273	342	410	478	547	615	683	752	820
5.75	362	268	71	143	214	286	357	429	500	571	643	714	786	857
6.00	378	280	75	149	224	298	373	447	522	596	671	745	820	894
6.25	394	292	78	155	233	311	388	466	544	621	699	776	854	932
6.50	410	303	81	162	242	323	404	485	565	646	727	808	888	969
6.75	425	315	84	168	252	335	419	503	587	671	755	839	922	1006
7.00	441	327	87	174	261	348	435	522	609	696	783	870	957	1044
7.25	457	338	90	180	270	360	450	540	630	721	811	901	991	1081
7.50	473	350	93	186	280	373	466	559	652	745	839	932	1025	1118

APPENDICE 7 – Acido Solforico 94 %

Acido =	SOLFORICO 94%	Peso molecolare =	98.0												
H ⁺ per molecola =	2.0	Conc. molare (M) =	17.6												
Peso atomico nutriente =	32.0	Conc. meq H ⁺ per mL =	36.1												
Titolo (%) =	94.0	mg nutriente per mL =	661.7												
Densità (kg/L) =	1.83	Conversione in UF =	1.0												
Volume irriguo stagionale (m ³ /ha)															
Conc. bicarbonati acqua irrigua (da neutralizzare al 70% per pH=6)		Concentrazione di acido (mL/m ³)	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	
(meq/L)	(ppm)		UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	UF S (kg/ha)	
0.50	32	10	1	3	4	6	7	8	10	11	13	14	15	17	
0.75	47	15	2	4	6	8	11	13	15	17	19	21	23	25	
1.00	63	20	3	6	8	11	14	17	20	22	25	28	31	34	
1.25	79	25	4	7	11	14	18	21	25	28	32	35	39	42	
1.50	95	30	4	8	13	17	21	25	29	34	38	42	46	50	
1.75	110	35	5	10	15	20	25	29	34	39	44	49	54	59	
2.00	126	40	6	11	17	22	28	34	39	45	50	56	62	67	
2.25	142	45	6	13	19	25	32	38	44	50	57	63	69	76	
2.50	158	50	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	
2.75	173	55	8	15	23	31	39	46	54	62	69	77	85	92	
3.00	189	60	8	17	25	34	42	50	59	67	76	84	92	101	
3.25	205	65	9	18	27	36	46	55	64	73	82	91	100	109	
3.50	221	70	10	20	29	39	49	59	69	78	88	98	108	118	
3.75	236	75	11	21	32	42	53	63	74	84	95	105	116	126	
4.00	252	80	11	22	34	45	56	67	78	90	101	112	123	134	
4.25	268	85	12	24	36	48	60	71	83	95	107	119	131	143	
4.50	284	90	13	25	38	50	63	76	89	101	113	126	139	151	
4.75	299	95	13	27	40	53	67	80	93	106	120	133	146	160	
5.00	315	100	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154	168	
5.25	331	105	15	29	44	59	74	88	103	118	132	147	162	176	
5.50	347	110	15	31	46	62	77	92	108	123	139	154	169	185	
5.75	362	115	16	32	48	64	81	97	113	129	145	161	177	193	
6.00	378	120	17	34	50	67	84	101	118	134	151	168	185	202	
6.25	394	125	18	35	53	70	88	105	123	140	158	175	193	210	
6.50	410	130	18	36	55	73	91	109	127	146	164	182	200	218	
6.75	425	135	19	38	57	76	95	113	132	151	170	189	208	227	
7.00	441	140	20	39	59	78	98	118	137	157	176	196	216	235	
7.25	457	145	20	41	61	81	102	122	142	162	183	203	223	244	
7.50	473	150	21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	

APPENDICE 8 – Fosfato monopotassico

Fosfato monopotassico																								
					P₂O₅ % 52					K₂O % 34														
Volume di adacquamento (m ³ /ha)																								
g/m ³	250		500		750		1000		1250		1500		1750		2000		2250		2500		2750		3000	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
10	1	1	3	2	4	3	5	3	7	4	8	5	9	6	10	7	12	8	13	9	14	9	16	10
25	3	2	7	4	10	6	13	9	16	11	20	13	23	15	26	17	29	19	33	21	36	23	39	26
40	5	3	10	7	16	10	21	14	26	17	31	20	36	24	42	27	47	31	52	34	57	37	62	41
55	7	5	14	9	21	14	29	19	36	23	43	28	50	33	57	37	64	42	72	47	79	51	86	56
70	9	6	18	12	27	18	36	24	46	30	55	36	64	42	73	48	82	54	91	60	100	65	109	71
85	11	7	22	14	33	22	44	29	55	36	66	43	77	51	88	58	99	65	111	72	122	79	133	87
100	13	9	26	17	39	26	52	34	65	43	78	51	91	60	104	68	117	77	130	85	143	94	156	102
115	15	10	30	20	45	29	60	39	75	49	90	59	105	68	120	78	135	88	150	98	164	108	179	117
130	17	11	34	22	51	33	68	44	85	55	101	66	118	77	135	88	152	99	169	111	186	122	203	133
145	19	12	38	25	57	37	75	49	94	62	113	74	132	86	151	99	170	111	189	123	207	136	226	148
160	21	14	42	27	62	41	83	54	104	68	125	82	146	95	166	109	187	122	208	136	229	150	250	163
175	23	15	46	30	68	45	91	60	114	74	137	89	159	104	182	119	205	134	228	149	250	164	273	179
190	25	16	49	32	74	48	99	65	124	81	148	97	173	113	198	129	222	145	247	162	272	178	296	194
205	27	17	53	35	80	52	107	70	133	87	160	105	187	122	213	139	240	157	267	174	293	192	320	209
220	29	19	57	37	86	56	114	75	143	94	172	112	200	131	229	150	257	168	286	187	315	206	343	224
235	31	20	61	40	92	60	122	80	153	100	183	120	214	140	244	160	275	180	306	200	336	220	367	240
250	33	21	65	43	98	64	130	85	163	106	195	128	228	149	260	170	293	191	325	213	358	234	390	255
265	34	23	69	45	103	68	138	90	172	113	207	135	241	158	276	180	310	203	345	225	379	248	413	270
280	36	24	73	48	109	71	146	95	182	119	218	143	255	167	291	190	328	214	364	238	400	262	437	286
295	38	25	77	50	115	75	153	100	192	125	230	150	268	176	307	201	345	226	384	251	422	276	460	301
310	40	26	81	53	121	79	161	105	202	132	242	158	282	184	322	211	363	237	403	264	443	290	484	316
325	42	28	85	55	127	83	169	111	211	138	254	166	296	193	338	221	380	249	423	276	465	304	507	332
340	44	29	88	58	133	87	177	116	221	145	265	173	309	202	354	231	398	260	442	289	486	318	530	347
355	46	30	92	60	138	91	185	121	231	151	277	181	323	211	369	241	415	272	462	302	508	332	554	362

APPENDICE 9 – Solfato di potassio

Solfato di potassio																											
		S % 18				K₂O % 50																					
		Volume di adacquamento (m ³ /ha)																									
g/m ³	250		500		750		1000		1250		1500		1750		2000		2250		2500		2750		3000				
	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O	S	K ₂ O			
10	0	1	1	3	1	4	2	5	2	6	3	8	3	9	4	10	4	11	5	13	5	14	5	15			
25	1	3	2	6	3	9	5	13	6	16	7	19	8	22	9	25	10	28	11	31	12	34	14	38			
40	2	5	4	10	5	15	7	20	9	25	11	30	13	35	14	40	16	45	18	50	20	55	22	60			
55	2	7	5	14	7	21	10	28	12	34	15	41	17	48	20	55	22	62	25	69	27	76	30	83			
70	3	9	6	18	9	26	13	35	16	44	19	53	22	61	25	70	28	79	32	88	35	96	38	105			
85	4	11	8	21	11	32	15	43	19	53	23	64	27	74	31	85	34	96	38	106	42	117	46	128			
100	5	13	9	25	14	38	18	50	23	63	27	75	32	88	36	100	41	113	45	125	50	138	54	150			
115	5	14	10	29	16	43	21	58	26	72	31	86	36	101	41	115	47	129	52	144	57	158	62	173			
130	6	16	12	33	18	49	23	65	29	81	35	98	41	114	47	130	53	146	59	163	64	179	70	195			
145	7	18	13	36	20	54	26	73	33	91	39	109	46	127	52	145	59	163	65	181	72	199	78	218			
160	7	20	14	40	22	60	29	80	36	100	43	120	50	140	58	160	65	180	72	200	79	220	86	240			
175	8	22	16	44	24	66	32	88	39	109	47	131	55	153	63	175	71	197	79	219	87	241	95	263			
190	9	24	17	48	26	71	34	95	43	119	51	143	60	166	68	190	77	214	86	238	94	261	103	285			
205	9	26	18	51	28	77	37	103	46	128	55	154	65	179	74	205	83	231	92	256	101	282	111	308			
220	10	28	20	55	30	83	40	110	50	138	59	165	69	193	79	220	89	248	99	275	109	303	119	330			
235	11	29	21	59	32	88	42	118	53	147	63	176	74	206	85	235	95	264	106	294	116	323	127	353			
250	11	31	23	63	34	94	45	125	56	156	68	188	79	219	90	250	101	281	113	313	124	344	135	375			
265	12	33	24	66	36	99	48	133	60	166	72	199	83	232	95	265	107	298	119	331	131	364	143	398			
280	13	35	25	70	38	105	50	140	63	175	76	210	88	245	101	280	113	315	126	350	139	385	151	420			
295	13	37	27	74	40	111	53	148	66	184	80	221	93	258	106	295	119	332	133	369	146	406	159	443			
310	14	39	28	78	42	116	56	155	70	194	84	233	98	271	112	310	126	349	140	388	153	426	167	465			
325	15	41	29	81	44	122	59	163	73	203	88	244	102	284	117	325	132	366	146	406	161	447	176	488			
340	15	43	31	85	46	128	61	170	77	213	92	255	107	298	122	340	138	383	153	425	168	468	184	510			
355	16	44	32	89	48	133	64	178	80	222	96	266	112	311	128	355	144	399	160	444	176	488	192	533			

APPENDICE 10 - Nitrato di potassio

Nitrato di potassio		N		K ₂ O		Volume di adacquamento (m ³ /ha)																							
		13		47		250		500		750		1000		1250		1500		1750		2000		2250		2500		2750		3000	
g/m ³		N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O
		10	0	1	1	2	1	4	1	5	2	6	2	7	2	8	3	9	3	11	3	12	4	13	4	14			
25	1	3	2	6	2	9	3	12	4	15	5	18	6	21	7	24	7	26	8	29	9	32	10	35					
40	1	5	3	9	4	14	5	19	7	24	8	28	9	33	10	38	12	42	13	47	14	52	16	56					
55	2	6	4	13	5	19	7	26	9	32	11	39	13	45	14	52	16	58	18	65	20	71	21	78					
70	2	8	5	16	7	25	9	33	11	41	14	49	16	58	18	66	20	74	23	82	25	90	27	99					
85	3	10	6	20	8	30	11	40	14	50	17	60	19	70	22	80	25	90	28	100	30	110	33	120					
100	3	12	7	24	10	35	13	47	16	59	20	71	23	82	26	94	29	106	33	118	36	129	39	141					
115	4	14	7	27	11	41	15	54	19	68	22	81	26	95	30	108	34	122	37	135	41	149	45	162					
130	4	15	8	31	13	46	17	61	21	76	25	92	30	107	34	122	38	137	42	153	46	168	51	183					
145	5	17	9	34	14	51	19	68	24	85	28	102	33	119	38	136	42	153	47	170	52	187	57	204					
160	5	19	10	38	16	56	21	75	26	94	31	113	36	132	42	150	47	169	52	188	57	207	62	226					
175	6	21	11	41	17	62	23	82	28	103	34	123	40	144	46	165	51	185	57	206	63	226	68	247					
190	6	22	12	45	19	67	25	89	31	112	37	134	43	156	49	179	56	201	62	223	68	246	74	268					
205	7	24	13	48	20	72	27	96	33	120	40	145	47	169	53	193	60	217	67	241	73	265	80	289					
220	7	26	14	52	21	78	29	103	36	129	43	155	50	181	57	207	64	233	72	259	79	284	86	310					
235	8	28	15	55	23	83	31	110	38	138	46	166	53	193	61	221	69	249	76	276	84	304	92	331					
250	8	29	16	59	24	88	33	118	41	147	49	176	57	206	65	235	73	264	81	294	89	323	98	353					
265	9	31	17	62	26	93	34	125	43	156	52	187	60	218	69	249	78	280	86	311	95	343	103	374					
280	9	33	18	66	27	99	36	132	46	165	55	197	64	230	73	263	82	296	91	329	100	362	109	395					
295	10	35	19	69	29	104	38	139	48	173	58	208	67	243	77	277	86	312	96	347	105	381	115	416					
310	10	36	20	73	30	109	40	146	50	182	60	219	71	255	81	291	91	328	101	364	111	401	121	437					
325	11	38	21	76	32	115	42	153	53	191	63	229	74	267	85	306	95	344	106	382	116	420	127	458					
340	11	40	22	80	33	120	44	160	55	200	66	240	77	280	88	320	99	360	111	400	122	439	133	479					
355	12	42	23	83	35	125	46	167	58	209	69	250	81	292	92	334	104	375	115	417	127	459	138	501					

APPENDICE 11 – Fosfato monoammonico

Fosfato monoammonico																											
				N 12				P₂O₅ % 62																			
Volume di adacquamento (m ³ /ha)																											
g/m ³	250		500		750		1000		1250		1500		1750		2000		2250		2500		2750		3000				
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅			
10	0	2	1	3	1	5	1	6	2	8	2	9	2	11	2	12	3	14	3	16	3	17	4	19			
25	1	4	2	8	2	12	3	16	4	19	5	23	5	27	6	31	7	35	8	39	8	43	9	47			
40	1	6	2	12	4	19	5	25	6	31	7	37	8	43	10	50	11	56	12	62	13	68	14	74			
55	2	9	3	17	5	26	7	34	8	43	10	51	12	60	13	68	15	77	17	85	18	94	20	102			
70	2	11	4	22	6	33	8	43	11	54	13	65	15	76	17	87	19	98	21	109	23	119	25	130			
85	3	13	5	26	8	40	10	53	13	66	15	79	18	92	20	105	23	119	26	132	28	145	31	158			
100	3	16	6	31	9	47	12	62	15	78	18	93	21	109	24	124	27	140	30	155	33	171	36	186			
115	3	18	7	36	10	53	14	71	17	89	21	107	24	125	28	143	31	160	35	178	38	196	41	214			
130	4	20	8	40	12	60	16	81	20	101	23	121	27	141	31	161	35	181	39	202	43	222	47	242			
145	4	22	9	45	13	67	17	90	22	112	26	135	30	157	35	180	39	202	44	225	48	247	52	270			
160	5	25	10	50	14	74	19	99	24	124	29	149	34	174	38	198	43	223	48	248	53	273	58	298			
175	5	27	11	54	16	81	21	109	26	136	32	163	37	190	42	217	47	244	53	271	58	298	63	326			
190	6	29	11	59	17	88	23	118	29	147	34	177	40	206	46	236	51	265	57	295	63	324	68	353			
205	6	32	12	64	18	95	25	127	31	159	37	191	43	222	49	254	55	286	62	318	68	350	74	381			
220	7	34	13	68	20	102	26	136	33	171	40	205	46	239	53	273	59	307	66	341	73	375	79	409			
235	7	36	14	73	21	109	28	146	35	182	42	219	49	255	56	291	63	328	71	364	78	401	85	437			
250	8	39	15	78	23	116	30	155	38	194	45	233	53	271	60	310	68	349	75	388	83	426	90	465			
265	8	41	16	82	24	123	32	164	40	205	48	246	56	288	64	329	72	370	80	411	87	452	95	493			
280	8	43	17	87	25	130	34	174	42	217	50	260	59	304	67	347	76	391	84	434	92	477	101	521			
295	9	46	18	91	27	137	35	183	44	229	53	274	62	320	71	366	80	412	89	457	97	503	106	549			
310	9	48	19	96	28	144	37	192	47	240	56	288	65	336	74	384	84	432	93	481	102	529	112	577			
325	10	50	20	101	29	151	39	202	49	252	59	302	68	353	78	403	88	453	98	504	107	554	117	605			
340	10	53	20	105	31	158	41	211	51	264	61	316	71	369	82	422	92	474	102	527	112	580	122	632			
355	11	55	21	110	32	165	43	220	53	275	64	330	75	385	85	440	96	495	107	550	117	605	128	660			

APPENDICE 12 – Nitrato di ammonio

Nitrato di ammonio												
	N %											
	34			0								
Volumi di adattamento durante tutto il ciclo colturale												
g/m ³	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)	UF N (kg/ha)
10	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	9	10
25	2	4	6	9	11	13	15	17	19	21	23	26
40	3	7	10	14	17	20	24	27	31	34	37	41
55	5	9	14	19	23	28	33	37	42	47	51	56
70	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	65	71
85	7	14	22	29	36	43	51	58	65	72	79	87
100	9	17	26	34	43	51	60	68	77	85	94	102
115	10	20	29	39	49	59	68	78	88	98	108	117
130	11	22	33	44	55	66	77	88	99	111	122	133
145	12	25	37	49	62	74	86	99	111	123	136	148
160	14	27	41	54	68	82	95	109	122	136	150	163
175	15	30	45	60	74	89	104	119	134	149	164	179
190	16	32	48	65	81	97	113	129	145	162	178	194
205	17	35	52	70	87	105	122	139	157	174	192	209
220	19	37	56	75	94	112	131	150	168	187	206	224
235	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
250	21	43	64	85	106	128	149	170	191	213	234	255
265	23	45	68	90	113	135	158	180	203	225	248	270
280	24	48	71	95	119	143	167	190	214	238	262	286
295	25	50	75	100	125	150	176	201	226	251	276	301
310	26	53	79	105	132	158	184	211	237	264	290	316
325	28	55	83	111	138	166	193	221	249	276	304	332
340	29	58	87	116	145	173	202	231	260	289	318	347
355	30	60	91	121	151	181	211	241	272	302	332	362

APPENDICE 13 – Nitrato di calcio

Nitrato di Calcio		N		Ca ₂ O		Volume di adacquamento (m ³ /ha)																							
		15,5		26		250		500		750		1000		1250		1500		1750		2000		2250		2500		2750		3000	
g/m ³			N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	N	Ca ₂ O	
	10	0	1	1	1	1	2	2	3	2	3	2	4	3	5	3	5	3	6	4	7	4	7	4	7	5	8		
25	1	2	2	3	3	5	4	7	5	8	6	10	7	11	8	13	9	15	10	16	11	18	12	20					
40	2	3	3	5	5	8	6	10	8	13	9	16	11	18	12	21	14	23	16	26	17	29	19	31					
55	2	4	4	7	6	11	9	14	11	18	13	21	15	25	17	29	19	32	21	36	23	39	26	43					
70	3	5	5	9	8	14	11	18	14	23	16	27	19	32	22	36	24	41	27	46	30	50	33	55					
85	3	6	7	11	10	17	13	22	16	28	20	33	23	39	26	44	30	50	33	55	36	61	40	66					
100	4	7	8	13	12	20	16	26	19	33	23	39	27	46	31	52	35	59	39	65	43	72	47	78					
115	4	7	9	15	13	22	18	30	22	37	27	45	31	52	36	60	40	67	45	75	49	82	53	90					
130	5	8	10	17	15	25	20	34	25	42	30	51	35	59	40	68	45	76	50	85	55	93	60	101					
145	6	9	11	19	17	28	22	38	28	47	34	57	39	66	45	75	51	85	56	94	62	104	67	113					
160	6	10	12	21	19	31	25	42	31	52	37	62	43	73	50	83	56	94	62	104	68	114	74	125					
175	7	11	14	23	20	34	27	46	34	57	41	68	47	80	54	91	61	102	68	114	75	125	81	137					
190	7	12	15	25	22	37	29	49	37	62	44	74	52	86	59	99	66	111	74	124	81	136	88	148					
205	8	13	16	27	24	40	32	53	40	67	48	80	56	93	64	107	71	120	79	133	87	147	95	160					
220	9	14	17	29	26	43	34	57	43	72	51	86	60	100	68	114	77	129	85	143	94	157	102	172					
235	9	15	18	31	27	46	36	61	46	76	55	92	64	107	73	122	82	137	91	153	100	168	109	183					
250	10	16	19	33	29	49	39	65	48	81	58	98	68	114	78	130	87	146	97	163	107	179	116	195					
265	10	17	21	34	31	52	41	69	51	86	62	103	72	121	82	138	92	155	103	172	113	189	123	207					
280	11	18	22	36	33	55	43	73	54	91	65	109	76	127	87	146	98	164	109	182	119	200	130	218					
295	11	19	23	38	34	58	46	77	57	96	69	115	80	134	91	153	103	173	114	192	126	211	137	230					
310	12	20	24	40	36	60	48	81	60	101	72	121	84	141	96	161	108	181	120	202	132	222	144	242					
325	13	21	25	42	38	63	50	85	63	106	76	127	88	148	101	169	113	190	126	211	139	232	151	254					
340	13	22	26	44	40	66	53	88	66	111	79	133	92	155	105	177	119	199	132	221	145	243	158	265					
355	14	23	28	46	41	69	55	92	69	115	83	138	96	162	110	185	124	208	138	231	151	254	165	277					

APPENDICE 14: Esempio di calcolo della composizione della soluzione nutritiva: pomodoro da mensa

Coltura/stadio = Pomodoro da mensa – Stadio: intero ciclo			Volume irriguo (m ³) = 2250		Note =				
Parte A	CARATTERISTICHE IMPIANTISTICHE		ISTRUZIONI:						
	S - superficie appezzamento (ha) =	0,5	[1] $FC = (S \times PI) / (DL \times DTL \times PE) < 0.02$						
	PI - Portata gocciolatori (L/h) =	1,0	[2] Inserire il valore del contenuto di bicarbonati che, nella tabella dell'acido, corrisponde alla concentrazione dell'acido stesso scelta in base alla necessità di correggere il pH senza superare le UF dell'obiettivo. Se questo valore è notevolmente inferiore a quello dell'acqua irrigua, occorre passare all'acido fosforico e/o solforico, ripetendo quindi le operazioni di lettura e trascrizione dei dati relativi ai bicarbonati.						
	DL - Distanza dei gocciolatori su linea (m) =	0,3	[3] Individuare nelle tabelle dei sali le dosi necessarie per apportare le UF non distribuite con gli acidi.						
	DTL - Distanza tra le linee (m) =	1,5	[4] Per calcolare l'incremento di CE dovuto all'aggiunta di sali moltiplicare i valori della colonna 3 per 0.00156						
	PE - Portata eiettore (L/h) =	80	[5] Per calcolare la conc. (L o kg/100 L) dello stock, moltiplicare per FC le conc. di acido e/o sali (in mL o g per m3) già calcolate.						
	FC - Fattore di concentrazione s.stock [1] =	0,0138	[6] Calcolare le dosi per l'intero volume di stock, moltiplicando il valore della concentrazione dello stock per V (in ettolitri)						
	V - Volume soluzione stock (ettolitri) =	2	[7] Fare le somme dell'incremento di CE (necessario per calcolare il valore di CE della acqua di fertirrigazione), dei bicarbonati (deve essere la più vicina possibile al valore dell'acqua irrigua) e delle UF apportate, da confrontare con gli obiettivi del pianto di concimazione.						
Parte B	CARATTERISTICHE DELL'ACQUA IRRIGUA	Bicarbonati (ppm o meq/L) =	CE (mS/cm) =	Parte C		UF AZOTO (N, kg/ha)	UF FOSFORO (P ₂ O ₅ kg/ha)	UF POTASSIO (K ₂ O kg/ha)	
		300		0,9	OBIETTIVO: UF da distribuire con la fertirrigazione		145	160	220
Parte D	CALCOLI	Max conc. bicarbonati per pH (ppm o meq/L) [2]	Grammi o millilitri per m ³ [3]	Aumento CE (mS/cm) [4]	Dose per sol. stock kg o L/100 L [5]	Dose per volume stock [6]			
	<i>Sale o Acido</i>								
	Acido nitrico 53% (N)								
	Acido nitrico 67% (N)	299	222		3,06	6,12	105		
	Acido fosforico 75% (P205)								
	Acido fosforico 85% (P205)								
	Acido solforico 94% (N)								
	Fosfato monopotassico (P205- K2O)								
	Solfato di potassio (K20)		190	0,29	2,62	5,24			214
	Nitrato di potassio (N-K20)								
	Fosfato monoammonico (N - P205)		115	0,18	1,58	3,17	31	160	
	Nitrato di ammonio (N)		10	0,02	0,138	0,27	8		
	Nitrato di calcio (N)								
RISULTATO FINALE [7]	299		1,39			144	160	214	
<i>colonna</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

APPENDICE 15: Esempio di calcolo della composizione della soluzione nutritiva: melone.

Coltura/stadio = Melone in pieno campo . Stadio: intero ciclo			Volume irriguo (m ³) = 2250		Note =				
Parte A	CARATTERISTICHE IMPIANTISTICHE		ISTRUZIONI:						
	S - superficie appezzamento (ha) =	1,2	[1] FC = (S x PI) / (DL x DTL x PE) [< 0.02]						
	PI - Portata gocciolatori (L/h) =	0,9	[2] Inserire il valore del contenuto di bicarbonati che, nella tabella dell'acido, corrisponde alla concentrazione dell'acido stesso scelta in base alla necessità di correggere il pH senza superare le UF dell'obiettivo. Se questo valore è notevolmente inferiore a quello dell'acqua irrigua, occorre passare all'acido fosforico e/o solforico, ripetendo quindi le operazioni di lettura e trascrizione dei dati relativi ai bicarbonati.						
	DL - Distanza dei gocciolatori su linea (m) =	0,3	[3] Individuare nelle tabelle dei sali le dosi necessarie per apportare le UF non distribuite con gli acidi.						
	DTL - Distanza tra le linee (m) =	2	[4] Per calcolare l'incremento di CE dovuto all'aggiunta di sali moltiplicare i valori della colonna 3 per 0.00156						
	PE - Portata eiettore (L/h) =	100	[5] Per calcolare la conc. (L o kg/100 L) dello stock, moltiplicare per FC le conc. di acido e/o sali (in mL o g per m3) già calcolate.						
	FC - Fattore di concentrazione s.stock [1] =	0,018	[6] Calcolare le dosi per l'intero volume di stock, moltiplicando il valore della concentrazione dello stock per V (in ettolitri)						
V - Volume soluzione stock (ettolitri) =	10	[7] Fare le somme dell'incremento di CE (necessario per calcolare il valore di CE della acqua di fertirrigazione), dei bicarbonati (deve essere la più vicina possibile al valore dell'acqua irrigua) e delle UF apportate, da confrontare con gli obiettivi del pianto di concimazione.							
Parte B	CARATTERISTICHE DELL'ACQUA IRRIGUA	Bicarbonati (ppm o meq/L) =	CE (mS/cm) =	Parte C		UF AZOTO (N, kg/ha)	UF FOSFORO (P ₂ O ₅ kg/ha)	UF POTASSIO (K ₂ O kg/ha)	
		340		1,1	OBIETTIVO: UF da distribuire con la fertirrigazione		98	120	190
Parte D	CALCOLI	Max conc. bicarbonati per pH (ppm o meq/L) [2]	Grammi o millilitri per m ³ [3]	Aumento CE (mS/cm) [4]	Dose per sol. stock kg o L/100 L [5]	Dose per volume stock [6]			
	<i>Sale o Acido</i>								
	Acido nitrico 53% (N)	284	282		5,07	50,76	99		
	Acido nitrico 67% (N)								
	Acido fosforico 75% (P205)	63	58		1,04	10,40		112	
	Acido fosforico 85% (P205)								
	Acido solforico 94% (N)								
	Fosfato monopotassico (P205- K2O)		10	0,02	0,18	1,8		12	8
	Solfato di potassio (K20)		160	0,24	2,88	28,8			180
	Nitrato di potassio (N-K20)								
	Fosfato monoammonico (N - P205)								
	Nitrato di ammonio (N)								
Nitrato di calcio (N)									
	RISULTATO FINALE [7]	347		1,36			99	124	188
colonna	1	2	3	4	5	6	7	8	9

APPENDICE 16: Esempio di calcolo della composizione della soluzione nutritiva: anguria.

Coltura/stadio = Anguria in pieno campo – Stadio: intero ciclo			Volume irriguo (m ³) = 1750		Note =				
Parte A	CARATTERISTICHE IMPIANTISTICHE		ISTRUZIONI:						
	S - superficie appezzamento (ha) =	1,5	[1] $FC = (S \times PI) / (DL \times DTL \times PE) < 0.02$						
	PI - Portata gocciolatori (L/h) =	0,9	[2] Inserire il valore del contenuto di bicarbonati che, nella tabella dell'acido, corrisponde alla concentrazione dell'acido stesso scelta in base alla necessità di correggere il pH senza superare le UF dell'obiettivo. Se questo valore è notevolmente inferiore a quello dell'acqua irrigua, occorre passare all'acido fosforico e/o solforico, ripetendo quindi le operazioni di lettura e trascrizione dei dati relativi ai bicarbonati.						
	DL - Distanza dei gocciolatori su linea (m) =	0,4	[3] Individuare nelle tabelle dei sali le dosi necessarie per apportare le UF non distribuite con gli acidi.						
	DTL - Distanza tra le linee (m) =	2,3	[4] Per calcolare l'incremento di CE dovuto all'aggiunta di sali moltiplicare i valori della colonna 3 per 0.00156						
	PE - Portata eiettore (L/h) =	70	[5] Per calcolare la conc. (L o kg/100 L) dello stock, moltiplicare per FC le conc. di acido e/o sali (in mL o g per m3) già calcolate.						
	FC - Fattore di concentrazione s.stock [1] =	0,02	[6] Calcolare le dosi per l'intero volume di stock, moltiplicando il valore della concentrazione dello stock per V (in ettolitri)						
	V - Volume soluzione stock (ettolitri) =	8	[7] Fare le somme dell'incremento di CE (necessario per calcolare il valore di CE della acqua di fertirrigazione), dei bicarbonati (deve essere la più vicina possibile al valore dell'acqua irrigua) e delle UF apportate, da confrontare con gli obiettivi del pianto di concimazione.						
Parte B	CARATTERISTICHE DELL'ACQUA IRRIGUA	Bicarbonati (ppm o meq/L) =	CE (mS/cm) =	Parte C		UF AZOTO (N, kg/ha)	UF FOSFORO (P ₂ O ₅ kg/ha)	UF POTASSIO (K ₂ O kg/ha)	
		270		1,1	OBIETTIVO: UF da distribuire con la fertirrigazione	90	120	165	
Parte D	CALCOLI	Max conc. bicarbonati per pH (ppm o meq/L) [2]	Grammi o millilitri per m ³ [3]	Aumento CE (mS/cm) [4]	Dose per sol. stock kg o L/100 L [5]	Dose per volume stock [6]			
	<i>Sale o Acido</i>								
	Acido nitrico 53% (N)								
	Acido nitrico 67% (N)	267	198		3,96	31,68	73		
	Acido fosforico 75% (P205)								
	Acido fosforico 85% (P205)								
	Acido solforico 94% (N)								
	Fosfato monopotassico (P205- K2O)		130	0,2	2,6	20,8		118	77
	Solfato di potassio (K20)		25	0,04	0,5	4,0			22
	Nitrato di potassio (N-K20)		85	0,13	1,7	13,6	19		70
	Fosfato monoammonico (N - P205)								
	Nitrato di ammonio (N)								
	Nitrato di calcio (N)								
	RISULTATO FINALE [7]	267		1.47			92	118	169
colonna	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Appendice 17 – Alcalinità dell'acqua e aggiunta di acidi

Calcolo del fabbisogno di acido in funzione dell'alcalinità												
Concentrazione di bicarbonati (mg/L)	meq/L	5.00	5.20	5.40	5.60	5.80	6.00	6.20	6.40	6.60	6.80	7.00
	<i>alcalinità</i>	0.96	0.93	0.90	0.86	0.78	0.69	0.59	0.47	0.36	0.26	0.18
Concentrazione di acido (meq/L)												
32	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1
63	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
95	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3
126	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	1.2	0.9	0.7	0.5	0.4
158	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	0.9	0.7	0.5
189	3.0	2.9	2.8	2.7	2.5	2.3	2.1	1.8	1.4	1.1	0.8	0.5
221	3.5	3.4	3.3	3.1	3.0	2.7	2.4	2.0	1.6	1.3	0.9	0.6
252	4.0	3.8	3.7	3.6	3.4	3.1	2.8	2.3	1.9	1.4	1.0	0.7
284	4.5	4.3	4.2	4.0	3.8	3.5	3.1	2.6	2.1	1.6	1.2	0.8
315	5.0	4.8	4.7	4.5	4.2	3.9	3.5	2.9	2.4	1.8	1.3	0.9
347	5.5	5.3	5.1	4.9	4.7	4.3	3.8	3.2	2.6	2.0	1.4	1.0
378	6.0	5.7	5.6	5.4	5.1	4.7	4.1	3.5	2.8	2.2	1.6	1.1
410	6.5	6.2	6.1	5.8	5.5	5.1	4.5	3.8	3.1	2.3	1.7	1.2
441	7.0	6.7	6.5	6.3	5.9	5.5	4.8	4.1	3.3	2.5	1.8	1.3
473	7.5	7.2	7.0	6.7	6.4	5.9	5.2	4.4	3.5	2.7	2.0	1.4
504	8.0	7.7	7.5	7.2	6.8	6.2	5.5	4.7	3.8	2.9	2.1	1.5
536	8.5	8.1	7.9	7.6	7.2	6.6	5.9	5.0	4.0	3.1	2.2	1.6
567	9.0	8.6	8.4	8.1	7.6	7.0	6.2	5.3	4.2	3.2	2.4	1.6
599	9.5	9.1	8.9	8.5	8.1	7.4	6.6	5.6	4.5	3.4	2.5	1.7
630	10.0	9.6	9.3	9.0	8.5	7.8	6.9	5.9	4.7	3.6	2.6	1.8

Legge Regionale 2001 n. 34

Programma dei Servizi di Sviluppo Agricolo e Rurale della Provincia di Livorno

Anno 2003

Azione 3.1

Progetto: “*Miglioramento dell’efficienza irrigua e tutela della risorsa idrica*”

finanziato nell’ambito delle Azioni di animazione dello sviluppo agricolo-rurale

di significativa valenza territoriale (Art. 2, comma 1, lettera a), LR 34/01

Progetto aggiudicato da ***CIA Servizi Livorno s. r. l.***

P.zza D. Manin, 4 – 57126 Livorno

Tel. 0586/899740 – Fax 0586/219345

e-mail: ciaservizi@cia.it

Attuato in collaborazione con:

Impresa Verde Livorno s. r. l.

Viale I. Nievo, 124 – 57121 Livorno

Tel. 0586/427022 – Fax 0586/427024

e-mail: livorno@coldiretti.it

E. R. A. T. A.

Via Marradi, 14 – 57126 Livorno

Tel. 0586/812744 – Fax 0586/811792

e-mail: livorno@confagricoltura.it