

---

**Ministero delle Politiche Agricole e Forestali**

**Progetto Editoriale PANDA**



**Volume No. 5**

# **IRRIGAZIONE SOSTENIBILE LA BUONA PRATICA IRRIGUA**

a cura di

**Patrizia Scandella e Girolamo Mecella**



**Edizioni L'Informatore Agrario**

---

---

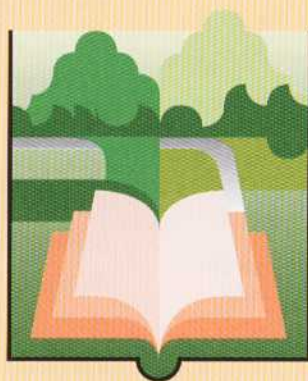
IRRIGAZIONE SOSTENIBILE  
LA BUONA PRATICA IRRIGUA

Capitolo

# VII

## Irrigazione sostenibile delle specie arboree da frutto in ambiente mediterraneo

Cristos Xiloyannis, Giuseppe Montanaro, Adriano Sofo, Bartolomeo Dichio



PROGETTO EDITORIALE  
PANDA

---



*Cristos Xiloyannis*  
*Giuseppe Montanaro*  
*Adriano Sofo*  
*Bartolomeo Dichio*

Dipartimento di Produzione Vegetale  
Università degli Studi della Basilicata

*L'acq du' ciel sazj a terr.*  
*L'acqua del cielo sazia la terra.*

Detto popolare



## INTRODUZIONE

**L**e favorevoli condizioni climatiche delle Regioni meridionali e la realizzazione di grandi opere nel settore irriguo, hanno contribuito, negli ultimi 40 anni, alla rapida diffusione delle specie orticole e frutticole caratterizzate da elevate necessità idriche. Se da un lato tali coltivazioni hanno contribuito a migliorare il reddito e ad aumentare l'occupazione di manodopera nel settore agricolo, dall'altro hanno avuto e continuano ad avere un impatto ambientale negativo, conseguente al tipo di gestione delle risorse naturali in particolare dell'acqua.

La scelta dei metodi irrigui nel passato è stata effettuata senza tenere in debita considerazione il risparmio idrico e l'impatto ambientale (rapida mineralizzazione della sostanza organica nel suolo, alcalinizzazione e salinizzazione dei suoli, abbassamento della falda, inquinamento delle acque, ecc.).

Nonostante l'innovazione tecnologica abbia reso disponibili, fin dagli anni '70, strumenti e materiali che permettono un'efficienza dei metodi irrigui prossima al 100% (metodi a goccia e subirrigazione), si continua ancora oggi, in condizioni di estrema emergenza idrica, a consentire l'uso di metodi irrigui con bassissima efficienza di distribuzione (40-50%) e con un impatto ambientale molto elevato. Anche nei casi in cui si utilizzano i metodi irrigui localizzati, la loro efficienza non è ottimale perché in fase di progettazione spesso non sono stati adeguatamente considerati alcuni parametri fondamentali quali le caratteristiche pedoclimatiche, la qualità e la disponibilità di acqua (in particolare durante il periodo di massima richiesta della coltura) e le caratteristiche della specie per meglio definire il tipo di filtraggio, il numero, la portata e la posizione degli erogatori lungo il tubo disperdente. Infine, l'introduzione di tali metodi irrigui non è

stata, sovente, accompagnata da un'adeguata formazione dei tecnici e degli agricoltori per una gestione razionale dei metodi stessi.

Per una migliore utilizzazione delle risorse idriche nella frutticoltura meridionale, ponendo come obiettivo principale il risparmio idrico ed il controllo dell'impatto ambientale è necessario intervenire su:

- **Scelta e progettazione del metodo irriguo**
- **Gestione del metodo irriguo**
- **Irrigazione ed impatto ambientale**
- **Architettura della chioma ed efficienza dell'uso dell'acqua**
- **Gestione del suolo e della pianta**
- **Fertirrigazione**

## 1. SCELTA E PROGETTAZIONE DEL METODO IRRIGUO

**A**d eccezione dell'actinidia, specie con meccanismi di difesa non adeguati alle condizioni climatiche meridionali, ed in caso di terreni con bassa capacità di ritenzione idrica, i metodi irrigui da adottare devono necessariamente essere quelli localizzati (a goccia e subirrigazione). Per la loro progettazione bisogna conoscere:

- **le caratteristiche del suolo**
- **le caratteristiche della specie coltivata**
- **la qualità dell'acqua**
- **le caratteristiche del clima**

### 1.1. Le caratteristiche del suolo

Le caratteristiche fisico-meccaniche del profilo di suolo potenzialmente a disposizione delle radici, la dotazione in sostanza organica ed il tipo di gestione determinano la ca-



pacità del suolo di assorbire e trattenere l'acqua delle piogge e quella d'irrigazione. L'acqua presente nel terreno è soggetta a forze che agiscono nella direzione di trattenerla o allontanarla dal suolo.

L'insieme delle forze che trattengono l'acqua all'interno del profilo di suolo è chiamato potenziale idrico del suolo.

Convenzionalmente per le specie mesotermiche (drupacee, pomacee e agrumi) l'acqua disponibile viene definita come la quantità di acqua contenuta nel suolo avente limiti di potenziale idrico di  $-0,03$  MPa (o Capacità Idrica di Campo, CIC) e  $-1,5$  MPa (o punto di appassimento). Per actinidia ed olivo il potenziale idrico del suolo al punto di appassimento è di  $-1,0$  e  $-2,5$  MPa rispettivamente.

È importante, inoltre, conoscere il potenziale idrico del suolo in corrispondenza del quale si verifica l'entrata in stress di una pianta. La differenza tra il quantitativo di acqua contenuto in un suolo alla CIC e quello contenuto in uno all'inizio dello stress idrico rappresenta la riserva di acqua facilmente utilizzabile dalle piante (RFU). In generale, le specie arboree da frutto, iniziano a presentare i primi sintomi di stress idrico quando il potenziale idrico è all'incirca pari a  $-0,08$  MPa (olivo) e di  $-0,04$  MPa (actinidia).

Nei terreni con elevata capacità di ritenzione idrica ( $1.500 - 2.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  considerando un franco di coltivazione di  $1,0 \text{ m}$ ) ed in assenza d'irrigazione, il contenuto idrico del suolo decresce lentamente durante l'anno permettendo alla pianta di adattarsi aumentando complessivamente l'efficienza dell'uso dell'acqua. Al contrario, nei terreni leggeri e/o superficiali con una limitata riserva idrica, la diminuzione del potenziale idrico del suolo e quindi dei vari tessuti della pianta, è molto rapida e gli alberi subiscono danni maggiori in quanto non riescono in breve tempo ad adattarsi alle condizioni di stress idrico.

La conducibilità idraulica del suolo dipende dalla granulometria, dalla struttura e dal contenuto in sostanza organica. La sua conoscenza è importante per la scelta del tipo, della portata e del numero degli erogatori per pianta (Tabella 1).

Quando la portata degli erogatori supera la velocità d'infiltrazione dell'acqua nel terreno, si possono verificare fenomeni di ruscellamento e di erosione, nei terreni in pendenza, o di ristagno superficiale per quelli pianeggianti. La conducibilità idraulica del suolo e la portata degli erogatori sono parametri necessari per stimare il movimento laterale e verticale dell'acqua nel suolo in corrispondenza dei

**TABELLA 1 - DISTANZA OTTIMALE DEI GOCCIOLATORI SULLA LINEA IN RELAZIONE AL TIPO DI TERRENO ED ALLA PORTATA DEL GOCCIOLATORE, PER INTERESSARE ALMENO IL 25% DEL VOLUME DI TERRENO ESPLORATO DALLE RADICI (FILARI DISTANTI 6 METRI ED IRRIGAZIONI FREQUENTI, 2-3 GIORNI) (RIELABORATA DA ANCONELLI ET AL., 1999)**

| Tipo terreno     | Acqua                  | Portata del gocciolatore (L h <sup>-1</sup> ) |      |      |
|------------------|------------------------|-----------------------------------------------|------|------|
|                  | Disponibile            | 2                                             | 4    | 8    |
|                  | (mm cm <sup>-1</sup> ) | Distanza ottimale tra i gocciolatori (m)      |      |      |
|                  |                        |                                               |      |      |
| Sabbioso         | 0,67                   | 0,65                                          | 0,75 | 0,95 |
| Franco sabbioso  | 1,04                   | 0,85                                          | 0,95 | 1,15 |
| Franco           | 1,46                   | 1,05                                          | 1,15 | 1,35 |
| Franco argilloso | 1,79                   | 1,25                                          | 1,35 | 1,55 |
| Limoso           | 1,25                   | 1,35                                          | 1,45 | 1,65 |
|                  |                        |                                               |      |      |



gocciolatori e, quindi, del volume di suolo bagnato. In terreni argillosi a tessitura fine generalmente prevale lo spostamento in direzione laterale; nei suoli sabbiosi, invece, quello verticale; nei terreni franchi esiste un certo equilibrio tra le due direzioni.

### 1.2. *Le caratteristiche della specie coltivata*

Per la scelta e la progettazione del metodo irriguo e per la sua corretta gestione è necessario conoscere, in particolare durante i primi anni dall'impianto del frutteto, il volume di suolo esplorato dalle radici e l'area fogliare per ettaro. Dato che le foglie rappresentano la parte della pianta attraverso cui passa la quasi

totalità dell'acqua (99,5%) assorbita dal suolo, è ovvio che notevoli variazioni del LAI nei primi anni dall'impianto e durante ogni stagione vegetativa, incidono in maniera rilevante sui consumi idrici.

Le variazioni dell'area fogliare durante la stagione, in quei frutteti che hanno completato la loro struttura, sono notevoli nelle specie caducifoglie, mentre sono contenute nelle specie sempreverdi.

La conoscenza del volume di suolo esplorato dalle radici e delle sue caratteristiche idrologiche, permette di calcolare la capacità di ritenzione idrica di tale volume e la quantità di acqua facilmente utilizzabile dalla pianta (Foto 1).

**FOTO 1 - LA CONOSCENZA DELLE CARATTERISTICHE DELL'APPARATO RADICALE DELLA SPECIE È FONDAMENTALE PER UNA CORRETTA SCELTA E GESTIONE DEL METODO IRRIGUO. NELLA FOTO L'APPARATO RADICALE DI PESCO (A), OLIVO (B) ED ACTINIDIA (C)**

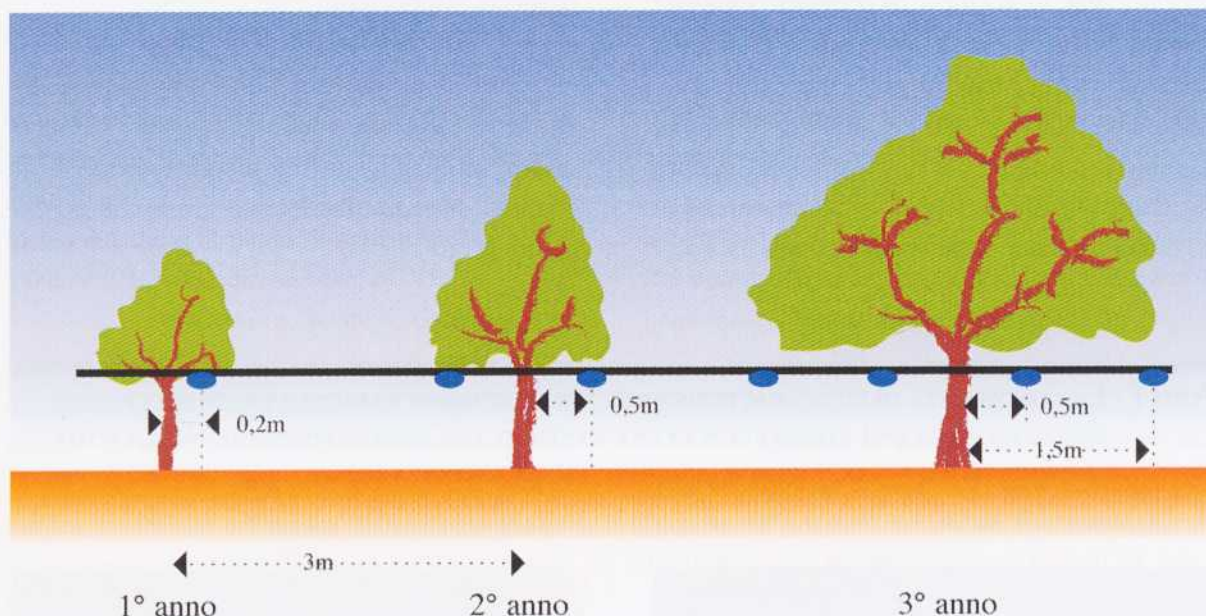




Tali informazioni sono indispensabili sia per la progettazione dell'impianto irriguo (disposizione, portata e numero degli erogatori, ecc.) sia per la sua corretta gestione, in particolare per la definizione dei turni e dei volumi di adacquamento. In considerazione di ciò, è pos-

sibile adottare, nei primi anni dall'impianto, una disposizione dei gocciolatori secondo lo schema riportato in Figura 1. Il volume di suolo esplorato dalle radici varia molto nei primi anni del frutteto e si stabilizza al completamento della struttura dell'albero (Tabella 2).

**FIGURA 1 - ESEMPIO DI POSIZIONAMENTO DEI GOCCIOLATORI NEI PRIMI 3 ANNI DALL'IMPIANTO FINALIZZATO AD AUMENTARE L'EFFICIENZA DEL METODO IRRIGUO.**



**TABELLA 2 - VOLUME DI SUOLO ESPLORATO DALLE RADICI DI PESCO (CV VEGA INNESTATA SU DUE PORTINNESTI, m 4,5 x 1,25) E DI ACTINIDIA (CV HAYWARD, m 4,5 x 3,0) NEI PRIMI QUATTRO ANNI DALL'IMPIANTO (RIELABORATA DA XILOYANNIS ET AL., 1993)**

| ANNI        | VOLUME ESPLORATO                    |      |      |      |                                 |      |      |      |
|-------------|-------------------------------------|------|------|------|---------------------------------|------|------|------|
|             | m <sup>3</sup> albero <sup>-1</sup> |      |      |      | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> |      |      |      |
|             | 1°                                  | 2°   | 3°   | 4°   | 1°                              | 2°   | 3°   | 4°   |
| "MISSOUR"   | 1,22                                | 3,39 | 3,60 | 3,60 | 2168                            | 6024 | 6575 | 6575 |
| "Mr.S. 2/5" | 0,56                                | 1,97 | 2,80 | 2,80 | 995                             | 3501 | 5029 | 5029 |
| "Hayward"   | 0,13                                | 0,83 | 1,35 | 1,41 | 96                              | 614  | 399  | 1041 |

La densità radicale costituisce un altro parametro fondamentale per la valutazione dell'efficienza dell'apparato radicale stesso, relativamente all'utilizzazione dell'acqua e degli elementi minerali presenti nel volume di terreno

esplorato dalle radici. La densità radicale condiziona la disponibilità idrica e viceversa. Una densità radicale elevata implica la riduzione della distanza media tra una radice e l'altra, il decremento sia del gradiente di potenziale idrico



sia di quello di concentrazione dei vari elementi minerali nel suolo e, conseguentemente, una più efficiente utilizzazione delle risorse. La densità radicale è stata quasi sempre espressa come peso secco oppure come lunghezza delle radici per unità di volume di suolo interessato dall'apparato radicale. Queste espressioni sono utili per confrontare le varie specie, ma imprecise per la definizione della capacità di assorbimento idrico e minerale. Per tale aspetto è necessario conoscere la superficie delle radici a contatto

con il terreno e l'efficienza di assorbimento in relazione alla loro età. In tutte le specie arboree da frutto, ad eccezione dell'actinidia, la densità radicale è molto più bassa rispetto a quella delle graminacee e delle conifere (Tabella 3). Le varie specie arboree da frutto manifestano una diversa sensibilità allo stress idrico e l'entità del danno è funzione dello stadio fenologico in cui si trovano le piante nel momento in cui si verifica la carenza idrica.

**TABELLA 3 - DENSITÀ RADICALE ( $\text{cm cm}^{-3}$ ) DI DIVERSE SPECIE DA FRUTTO A CONFRONTO CON LE CONIFERE E LE GRAMINACEE, IN CONDIZIONI DI PIENO CAMPO. (RIELABORATA DA XILOYANNIS, 1992; XILOYANNIS ET AL., 2000b)**

|                   | <b>(<math>\text{cm cm}^{-3}</math>)</b> |                |
|-------------------|-----------------------------------------|----------------|
| <b>Melo</b>       | <b>0,04</b>                             | <b>– 0,20</b>  |
| <b>Pero</b>       | <b>0,12</b>                             | <b>– 0,56</b>  |
| <b>Ciliegio</b>   | <b>0,1</b>                              | <b>– 0,5</b>   |
| <b>Pesco</b>      | <b>0,05</b>                             | <b>– 0,56</b>  |
| <b>Olivo</b>      | <b>0,014</b>                            | <b>– 0,038</b> |
| <b>Actinidia</b>  | <b>0,56</b>                             | <b>– 1,6</b>   |
| <b>Conifere</b>   | <b>0,5</b>                              | <b>– 0,2</b>   |
| <b>Graminacee</b> | <b>2,6</b>                              | <b>– 5,0</b>   |

### 1.3. La qualità dell'acqua

Conoscere le caratteristiche qualitative dell'acqua di irrigazione al momento della realizzazione dell'impianto irriguo è condizione indispensabile per la scelta dei filtri più idonei e per l'eventuale trattamento preventivo a cui sottoporre l'acqua. Nel caso vengano utilizzate acque di scarsa qualità e filtri non idonei, l'irrigazione localizzata può risultare antieconomica per gli elevati costi di manutenzione, per la durata limitata dei vari componenti dell'impianto e per la non uniforme distribuzione dell'acqua nel frutteto. L'analisi chimica dell'acqua è, inoltre, utile per una corretta impostazione del piano di concimazione. Le analisi da effettuare devono riguardare la definizione dei seguenti parametri:

- **fisici (temperatura, solidi in sospensione e loro dimensione);**

- **chimici (salinità, pH, macro e micro elementi);**
- **biologici (batteri, alghe, funghi, attinomiceti, ecc.).**

#### 1.3.1. Parametri fisici

La temperatura dell'acqua, misurata nel punto di prelievo, può essere molto diversa a seconda che si tratti di acque superficiali o sotterranee. Generalmente essa non rappresenta un limite per l'impiego negli impianti di microirrigazione, anche se può essere un parametro importante poiché coinvolto in alcune reazioni chimiche e nello sviluppo di microrganismi nel corpo idrico. In particolare, valori elevati di temperatura dell'acqua rimasta nelle tubazioni tra due interventi irrigui, favoriscono la trasformazione del bicarbonato in carbonato di calcio insolubile; il successivo abbas-



samento della temperatura non induce il ritorno dei carbonati in soluzione. Anche le elevate escursioni termiche favoriscono, nelle acque a pH alcalino e ricche di carbonato di calcio, la deposizione di carbonati insolubili nei vari segmenti dell'impianto. Un altro problema è rappresentato dalla presenza nell'acqua di particelle solide in sospensione (sabbia, limo, argilla e altri corpuscoli anche di origine organica) che, negli impianti irrigui localizzati, spesso possono causare intasamenti dei filtri, delle elettrovalvole, degli erogatori, ecc. Generalmente il carico di torbidi risulta alto quando si superano i 50 mg L<sup>-1</sup> e basso per valori intorno a 6 mg L<sup>-1</sup>. Le acque più contaminate sono quelle di superficie e la concentrazione di torbido è molto variabile durante la stagione. Le acque reflue urbane per uso irriguo hanno invece un contenuto di solidi in sospensione piuttosto elevato e, pertanto, devono essere attentamente ed adeguatamente trattate prima della loro utilizzazione.

### 1.3.2. Parametri chimici

Il contenuto in sali solubili condiziona notevolmente la qualità dell'acqua ad uso irriguo, limitandone spesso l'utilizzazione.

Gli aspetti più importanti riguardano: la tolleranza alla salinità della specie coltivata, la progressiva salinizzazione e/o sodicizzazione dei terreni ed i fenomeni di tossicità.

Molta attenzione si deve porre alla presenza di ioni Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in quanto i precipitati dei sali del calcio, gli ossidi di ferro, i composti fosfatici di calcio ecc., possono essere causa di intasamenti degli erogatori.

Alla fine di ogni stagione irrigua è consigliabile ispezionare alcuni erogatori per valutare lo stato di deposizione dei precipitati: precipitati bianchi indicano presenza di calcare, rugginosi indicano ossidi di ferro, melme nere e brillanti indicano la presenza di batteri. La fertirrigazione potrebbe favorire l'insorgere di problemi di otturazione, in quanto lo stesso concime può presentare solubilità diversa a seconda della qualità dell'acqua.

I metalli ed i non metalli, oltre ad alcuni composti inorganici e organici di sintesi (pesticidi) presenti soprattutto nelle acque di scarico e di recupero, meritano di essere citati, poiché spesso tossici per l'uomo e per le piante. Non rappresentano comunque un problema dal punto di vista della manutenzione e della funzionalità degli impianti.

Il valore ottimale del pH dell'acqua irrigua oscilla tra 6,5 e 7,5. Con valori di pH superiore a 8 i precipitati di Fe e di CaCO<sub>3</sub> rimangono insolubilizzati causando frequenti problemi di intasamento degli erogatori. I composti formati con il ferro, i tannini e le sostanze umiche sono più solubili a pH 6,5. Il trattamento con cloroderivati (ipoclorito di sodio) per l'abbattimento della carica microbica non è sostanzialmente influenzabile dal pH.

### 1.3.3. Parametri biologici

La presenza di microrganismi vivi nelle acque irrigue è, entro certi valori, normale ma può diventare pericolosa quando vengono superati dei valori soglia, per quantità e per qualità. Oltre al pericolo che alcuni batteri rappresentano per la salute dell'uomo, si possono verificare proliferazioni di melme batteriche capaci di causare intasamenti e problemi di uniformità di distribuzione dell'acqua all'interno del frutteto. Melme prodotte da batteri del genere *Pseudomonas* ed *Enterobacter* possono agire da cemento all'interno delle linee adacquatrici e provocare la formazione di aggregati di sabbie fini e/o limo. Batteri filamentosi del genere *Gallionella*, *Leptothrix*, *Crenothrix*, *Sphaerotilus* possono causare la precipitazione del ferro nelle condotte tramite l'ossidazione del Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup>, mentre batteri aerobici del genere *Beggiatoa* e *Thiothrix* possono produrre melme ossidando H<sub>2</sub>S a S. Alghe, attinomiceti e funghi possono crescere sulle superfici dei serbatoi e dei bacini di raccolta esposti alla luce.



### 1.4. Le caratteristiche del clima

La temperatura e l'umidità relativa dell'aria, il vento, la radiazione e la piovosità sono i principali fattori climatici che devono essere presi in considerazione, sia per la scelta del metodo irriguo sia per la sua corretta gestione. La temperatura e l'umidità relativa dell'aria, il vento e la radiazione solare sono importanti, poiché agiscono sia sulla traspirazione che sull'evaporazione dell'acqua dal suolo. I fattori ambientali sopra riportati sono utili per la caratterizzazione, in linea generale, del clima della zona e sono necessari al progettista ed al tecnico per la scelta e la progettazione del metodo irriguo. Per la progettazione è indispensabile disporre di serie storiche di dati climatici (almeno ventennali), mentre per la sua gestione bisogna disporre, nell'ambito di zone omogenee, di informazioni tempestive (al massimo ogni settimana) concernenti la piovosità e l'evapotraspirazione di riferimento (ET<sub>0</sub>).

#### 1.4.1. Stima dell'evapotraspirazione

L'evapotraspirazione rappresenta la quantità di acqua dispersa nell'atmosfera da una superficie vegetata attraverso i processi di evaporazione dal suolo e di traspirazione dalla pianta. La sua misura è fondamentale per la determinazione dei fabbisogni idrici della coltura.

Per scopi pratici e per facilitare il confronto fra ambienti diversi è stato introdotto il concetto dell'evapotraspirazione di riferimento (ET<sub>0</sub>); ciò permette di determinare la domanda evapotraspirativa dell'atmosfera di un ipotetico prato di ampia estensione i cui processi di crescita non sono limitati da fattori di stress biotici o abiotici.

L'evapotraspirazione può essere determinata attraverso metodi diretti ed indiretti.

I metodi diretti per la misura della ET<sub>0</sub> sono: il metodo lisimetrico ed il metodo micro-meteorologico dell'Eddy Covariance. Il primo ha caratteristiche e costi tali da renderlo poco o scarsamente utilizzabile per applicazioni nelle colture arboree da frutto. Il secondo meno costo-

so ma più difficoltoso, richiede la misura della componente verticale della velocità del vento, delle fluttuazioni della temperatura e del vapore acqueo contenuto nell'aria allo strato limite turbolento su superfici vegetate molto ampie.

L'uso dei metodi diretti è limitato quasi esclusivamente a scopi di ricerca e sperimentazione, sia per l'elevato costo sia per le difficoltà operative insite nella gestione delle apparecchiature richieste; comunque essi rappresentano un riferimento per il confronto dell'ET<sub>0</sub> stimata con metodi indiretti.

I metodi indiretti sono in genere più semplici da utilizzare perché richiedono strumentazioni relativamente poco costose e facili da gestire. In Tabella 4 sono riportati i diversi metodi di misura e stima della ET<sub>0</sub> e le relative variabili climatiche richieste e l'accuratezza rispetto alle misure effettuate con il lisimetro.

Dopo oltre un trentennio di ricerche e sperimentazioni, compiute in diversi ambienti, in cui sono anche stati confrontati i diversi metodi indiretti per la stima della ET<sub>0</sub>, la FAO ha raccomandato il metodo Penman-Monteith per stimare l'ET<sub>0</sub> a partire da dati meteorologici. Un importante vantaggio del metodo Penman-Monteith è la possibilità di utilizzarlo in ogni località senza necessità di una calibrazione locale. Il principale svantaggio del metodo è la necessità di una accurata misura (con cadenza oraria o al massimo giornaliera) delle principali variabili meteorologiche dell'atmosfera. Inoltre, recentemente alcuni autori hanno messo in evidenza una significativa sottostima dell'ET<sub>0</sub> in ambienti mediterranei, soprattutto quando si verificano condizioni di elevata domanda evapotraspirativa.

La scelta del metodo da utilizzare per la stima della ET<sub>0</sub> è, innanzitutto, funzione della sua precisione e della possibilità di disporre delle misure dei parametri meteorologici necessari per le equazioni (Tabella 4). La precisione dei diversi metodi di stima varia in funzione delle caratteristiche climatiche delle zone nelle quali vengono applicati, pertanto in bibliografia si possono trovare giudizi contrastanti sulla loro bontà di stima.



**TABELLA 4 - PARAMETRI CLIMATICI E CULTURALI NECESSARI PER LA STIMA DELL'ETO ATTRAVERSO VARI METODI ED ERRORE MEDIO RISPETTO AL VALORE LISIMETRICO ( RIELABORATA DA DOORENBOS E PRUITT, 1977; GIARDINI, 1977)**

| Metodi per la stima dell'ETO | Parametri climatici indispensabili | Parametri climatici stimati | Parametri culturali | Variazione rispetto al lisimetro (%)* |                |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------|
|                              |                                    |                             |                     | Ambienti umidi                        | Ambienti aridi |
| Penman-Monteith              | Tmed, URmed, VV, Rn, G             |                             | ra, rc              | + 4                                   | - 1            |
| Radiazione                   | Tmed, Rg o Ss                      | UR, VV                      |                     | + 23                                  | + 6            |
| Blaney-Criddle               | T                                  | UR, VV, Ss                  |                     | + 16                                  | + 1            |
| Penman                       | Tmed, URmed, VV, Rg o Ss           |                             |                     | + 30                                  | + 12           |
| Evaporimetro                 | Ev                                 | UR, VV                      | d                   | - 5                                   | + 18           |
| Hargreaves                   | Tmin, Tmax                         |                             |                     | + 26                                  | - 9            |
| Thornthwaite                 | Tmed                               |                             |                     | - 2                                   | + 20           |

Tmin, Tmax, Tmed = temperatura minima, massima e media giornaliera;

URmed = umidità media giornaliera;

Rg, Rn, Ss, G = radiazione globale, radiazione netta, eliofanía e flusso di calore nel terreno;

VV= velocità e direzione del vento;

ra, rc = resistenza aerodinamica e resistenza stomatica della coltura;

d = distanza relativa dell'evaporimetro rispetto alla coltura.

\* i valori rappresentano le medie delle stime riscontrati da diversi autori in ambienti climatici differenti

#### 1.4.2. Pioggia utile

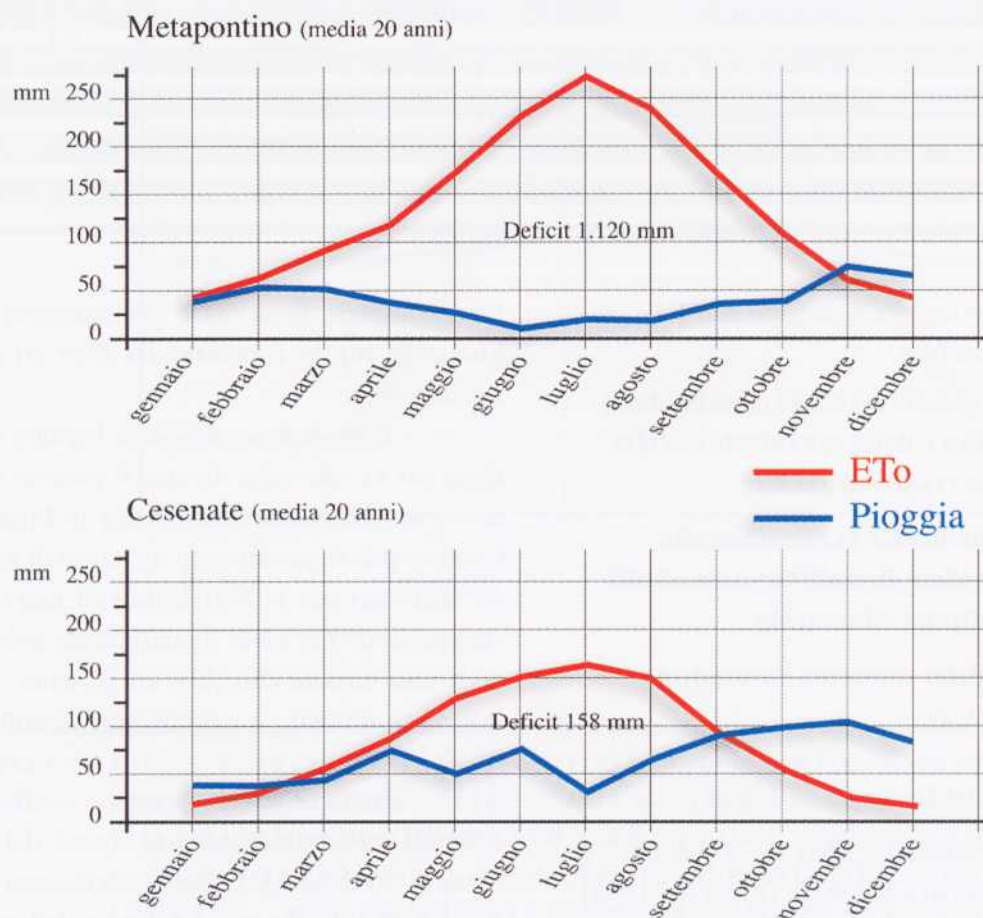
La quantità di pioggia utile, ai fini dell'assorbimento radicale, dipende dalla sua intensità, dal tipo, gestione e contenuto idrico del suolo, dalle caratteristiche della coltura e dalla domanda evapotraspirativa dell'ambiente. Si può ritenere, in via generale, che una pioggia di consistenza limitata (inferiore a 4-6 mm) non sia utilizzabile dall'apparato radicale, in quanto bagna uno strato molto superficiale di terreno. I diversi metodi proposti per la stima della pioggia utile forniscono valori piuttosto grossolani e richiedono adattamenti alle condizioni della zona in cui si opera. In generale, per la compilazione dei bilanci idrici si può considerare come pioggia utile il 70% di quella misurata anche se tale valore oscilla tra il 50 ed il 95% per i terreni in pendenza e quelli pianeggianti rispettivamente, a seconda del tipo di suolo e del tipo di pioggia.

#### 1.4.3. Deficit idrico

Un'altra variabile da prendere in considerazione per caratterizzare il clima di una zona è il deficit idrico ambientale che viene calcolato come differenza tra l'evapotraspirazione di riferimento e la pioggia totale. Questa variabile è basilare per la definizione dei fabbisogni irrigui di una coltura in un determinato comprensorio. La conoscenza del deficit idrico e della disponibilità di acqua per l'irrigazione permette di definire le potenzialità produttive di una zona e le possibilità di sviluppo delle diverse colture. Nella Figura 2 sono riportati come esempio i valori medi di ETo e di pioggia totale di due ambienti a confronto.



**FIGURA 2 - EVAPOTRASPIRAZIONE DI RIFERIMENTO (ET<sub>o</sub>) E PRECIPITAZIONI NEL METAPONTINO (MEDIA 1981-2000, FONTE: ALSIA) E NEL CESENATE (MEDIA 1991-2000, FONTE: CONSORZIO DI BONIFICA EMILIANO ROMAGNOLO)**



## 2. GESTIONE DEL METODO IRRIGUO

### 2.1. Stima dei consumi idrici della coltura

Il consumo idrico di un frutteto è determinato dalla somma della quantità di acqua trasferita dal terreno all'atmosfera attraverso i processi di evaporazione dalla superficie del suolo e di traspirazione da parte della specie coltivata e da altre specie eventualmente presenti sul terreno in esame.

L'evapotraspirazione è, ai fini irrigui, il termine più importante del bilancio idrico. L'approccio più usato per la sua determinazione è rappresentato dal metodo a "due fasi". Nella prima fase si stima l'evapotraspirazione di riferi-

mento (ET<sub>o</sub>), ovvero la domanda evapotraspirativa dell'ambiente. Nella seconda fase si applica all'ET<sub>o</sub> un opportuno coefficiente, o coefficiente culturale (K<sub>c</sub>), che tiene conto degli aspetti dell'evapotraspirazione legati allo stadio di sviluppo della coltura, al grado ed al tipo di copertura del suolo da parte della vegetazione, alla condizione di umettamento della superficie del suolo e all'interazione coltura-atmosfera.

Il risultato della stima è dato dal prodotto:  $ET_c = K_c * ET_o$ , ed esprime il consumo idrico della coltura in esame in condizioni non limitanti o "standard".

Questo approccio anche se spesso criticato non è stato ancora superato da qualunque altro metodo proposto per il calcolo di fabbisogni irrigui culturali, comprese le piante arboree.



**TABELLA 5 - SUDDIVISIONE DEL CICLO ANNUALE DI SPECIE SEMPREVERDI E CADUCIFOGIE (GIORNI)**  
(RIELABORATA DA FAO, 1998)

| <b>Fasi</b>      |                                   |                 |                 |                |               |               |
|------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>Coltura</b>   | <b>Inizio attività vegetativa</b> | <b>Iniziale</b> | <b>Sviluppo</b> | <b>Massimo</b> | <b>Finale</b> | <b>Totale</b> |
| <b>Actinidia</b> | <b>Aprile</b>                     | <b>30</b>       | <b>60</b>       | <b>120</b>     | <b>30</b>     | <b>240</b>    |
| <b>Agrumi</b>    | <b>Marzo</b>                      | <b>60</b>       | <b>90</b>       | <b>120</b>     | <b>95</b>     | <b>365</b>    |
| <b>Olivo</b>     | <b>Aprile</b>                     | <b>30</b>       | <b>90</b>       | <b>155</b>     | <b>90</b>     | <b>365</b>    |
| <b>Drupacee</b>  | <b>Marzo</b>                      | <b>20</b>       | <b>100</b>      | <b>120</b>     | <b>30</b>     | <b>270</b>    |

La procedura di calcolo dell'ETc prevede le seguenti fasi:

**Identificazione dello stadio di crescita della coltura e della sua durata e scelta del corrispondente Kc;**

**Aggiustamento del Kc in relazione alla superficie di suolo bagnato ed alle condizioni climatiche;**

**Costruzione della curva del Kc e calcolo dell'ETc.**

#### **2.1.1. Scelta del Kc**

Nel quaderno FAO n. 24 del 1977 e nella sua successiva revisione (n. 56 del 1998) il ciclo annuale delle piante è suddiviso in quattro fasi: iniziale, sviluppo, massimo e finale. La durata di ciascuna fase è stata ottenuta sulla base di diverse fonti. In Tabella 5 è indicata la durata di ciascuna fase per alcune specie arboree.

La lunghezza della fase iniziale è relativamente breve per le piante arboree a foglia caduca. Successivamente, avviene una rapida crescita dell'area fogliare che raggiunge i valori massimi a fine giugno - inizio luglio. Questi valori si mantengono per tutto il mese di ottobre, in cui iniziano i processi di senescenza fogliare, che si completano a dicembre.

Negli agrumi e nell'olivo l'emissione delle nuove foglie inizia generalmente in marzo-aprile e prosegue abbastanza rapidamente fino alla fioritura (o in alcune varietà di agrumi contemporaneamente alla fioritura).

L'area fogliare massima è generalmente raggiunta in luglio e mantenuta fino all'anno successivo.

L'evoluzione dell'area fogliare si riflette nel Kc che varia durante il periodo vegetativo secondo la curva riportata in Figura 3. Come si può osservare solo tre valori di Kc sono necessari per la costruzione di una curva stagionale di Kc, cioè: il coefficiente colturale della fase iniziale ( $K_{c_{ini}}$ ), il coefficiente colturale massimo ( $K_{c_{mid}}$ ) e il coefficiente colturale finale ( $K_{c_{end}}$ ).

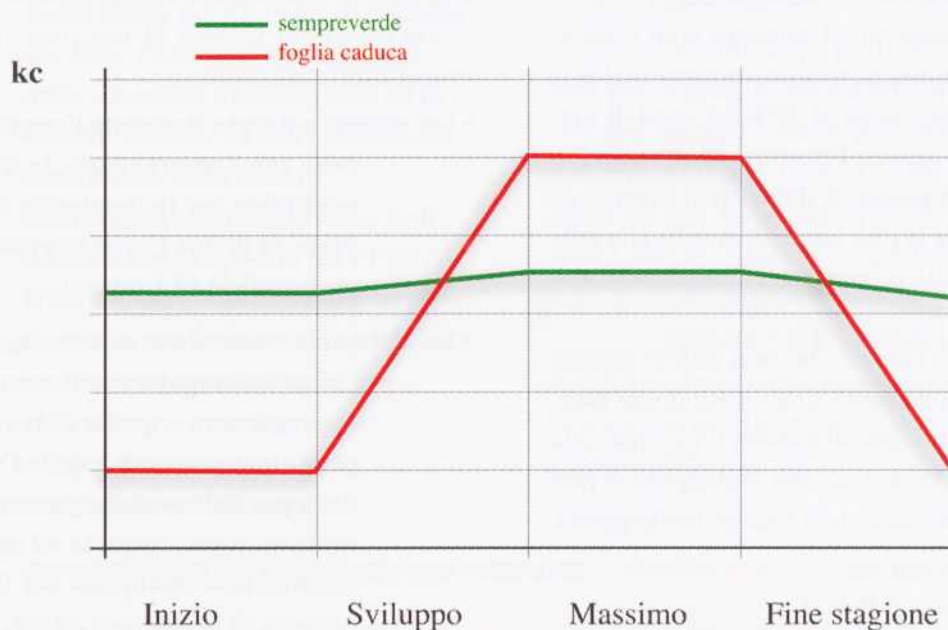
In Tabella 6 si riportano i coefficienti colturali delle colture arboree ripresi dal quaderno n. 56 della FAO. Questi coefficienti integrano l'effetto della traspirazione e dell'evaporazione dal suolo per cui qualche aggiustamento può essere necessario per adattarlo alle reali condizioni di campo.

#### **2.1.2. Aggiustamento del Kc**

La procedura di calcolo del  $K_{c_{ini}}$  tiene conto dell'intervallo tra due irrigazioni o eventi piovosi, della domanda evaporativa dell'ambiente, del volume irriguo o dell'intensità di pioggia e della superficie di suolo bagnata dall'irrigazione. In caso di irrigazione a goccia, ad esempio, il  $K_{c_{ini}}$  deve essere aggiustato riducendolo in maniera proporzionale alla superficie bagnata dall'impianto irriguo (ad esempio se la superficie bagnata dall'impianto irriguo rappresenta il 40% della superficie totale,  $K_{c_{ini}}$  è ridotto del 40%), mentre deve essere aumentato anche in maniera consistente in caso di ir-



**FIGURA 3 - ANDAMENTO DEL  $K_c$  IN PIANTE A FOGLIA CADUCA E SEMPREVERDI DURANTE LE VARIE FASI DELLA STAGIONE VEGETATIVA (FAO, 1998)**



**TABELLA 6 - COEFFICIENTE CULTURALE,  $K_c$ , ED ALTEZZA MEDIA DELLA PIANTA PER FRUTTETI IN OTTIME CONDIZIONI IDRICHE, NUTRIZIONALI E SANITARIE IN CLIMI ARIDI-SEMIARIDI (UMIDITÀ RELATIVA MINIMA ( $RH_{min}$ ) = 30%, VELOCITÀ DEL VENTO ( $U_2$ ) = 2 m s<sup>-1</sup>), RACCOMANDATO DALLA FAO CON IL METODO PENMAN-MONTEITH PER IL CALCOLO DELL'ETc ( $K_{c_{mid}}$  RICALCOLATO PER LE CONDIZIONI CLIMATICHE ARIDE-SEMIARIDE) (RIELABORATA SECONDO LE PROCEDURE RIPORTATE NEL QUADERNO 56 DELLA FAO)**

| Coltura                               | $K_{c_{ini}}$ | $K_{c_{mid}}$ | $K_{c_{end}}$ | Altezza della<br>pianta (m) |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| <b>SUOLO NUDO</b>                     |               |               |               |                             |
| Actinidia                             | 0,40          | 1,10          | 1,05          | 2                           |
| Agrumi <sup>1</sup>                   | 0,70          | 0,72          | 0,75          | 4                           |
| Olivo <sup>1</sup>                    | 0,60          | 0,77          | 0,70          | 4                           |
| Albicocco, Pesco, Susino <sup>2</sup> | 0,55          | 0,96          | 0,65          | 3                           |
| <b>SUOLO INERBITO</b>                 |               |               |               |                             |
| Olivo                                 | 0,70          | 0,85          | 0,77          | 4                           |
| Agrumi                                | 0,77          | 0,80          | 0,83          | 4                           |
| Albicocco, Pesco, Susino, Ciliegio    | 0,80          | 1,21          | 0,85          | 3                           |

1) I  $K_c$  degli agrumi e dell'olivo si riferiscono ad alberi al massimo sviluppo che, nelle ore centrali della giornata (11:00 + 15:00), ombreggiano rispettivamente il 70% ed il 60% della superficie del suolo ed irrigati con sistemi che bagnano tutta la superficie.

2) I  $K_c$  delle drupacee e dell'actinidia si riferiscono ad alberi al massimo sviluppo che, nelle ore centrali (11:00 + 15:00) della giornata ombreggiano l'80% della superficie del suolo ed irrigati con sistemi che bagnano tutta la superficie. Il  $K_{c_{end}}$  rappresenta il valore del  $K_c$  prima della caduta delle foglie. In assenza di foglie, con suolo nudo, il  $K_c$  è pari a 0,15 - 0,2.



rigazione soprachioma. Questa procedura è riportata nel quaderno 56 della FAO a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Per quanto riguarda il  $Kc_{mid}$  i valori tabulati si riferiscono ad ambienti aridi o semi-aridi in cui l'umidità relativa minima dell'aria raggiunge valori vicini al 30% nei mesi di giugno, luglio ed agosto. Per ambienti più umidi o più aridi o per piante di dimensioni diverse da quelle riportate si può fare riferimento alla procedura di calcolo proposta nel quaderno 56 della FAO.

Per i frutteti che non hanno ancora raggiunto le dimensioni finali il  $Kc$  dovrà essere corretto sottraendo una quota ( $A_{cm}$ ) pari alla frazione di LAI non ancora sviluppato o pari alla frazione di suolo non ancora ombreggiata. Cioè:

$$Kc_{(A_{cm})} = Kc - A_{cm}$$

$$A_{cm} = 1 - (LAI/LAI_{max})^{0,5}$$

dove LAI indica l'area fogliare attuale della coltura e  $LAI_{max}$  indica il LAI massimo raggiungibile da un frutteto in piena produzione ed in condizioni biotiche ed abiotiche non limitanti (Tabella 7).

Il termine  $A_{cm}$  può essere determinato anche attraverso la seguente espressione:

$$A_{cm} = 1 - (fc/fc_{max})^{0,5}$$

dove  $fc$  indica la frazione di suolo attualmente ombreggiata dalla coltura e  $fc_{max}$  indica la frazione di suolo potenzialmente ombreggiata da un frutteto in piena produzione ed in condizioni biotiche ed abiotiche non limitanti.

**TABELLA 7 – LAI MASSIMO IN DIVERSE SPECIE ARBOREE DA FRUTTO (RIELABORATA DA XILOYANNIS ET AL., 1997b)**

| SPECIE    | LAI       |
|-----------|-----------|
| Actinidia | 2,5 – 3,0 |
| Albicocco | 2,4 – 4,7 |
| Melo      | 2,8 – 3,6 |
| Pesco     | 2,5 – 4,5 |
| Susino    | 3,0 – 5,8 |

La frazione di suolo ombreggiata può essere misurata facilmente, anche se essa varia con l'ora del giorno ed il giorno dell'anno; si consiglia di effettuare la misura intorno alle ore 12:00 solari nei periodi di massima richiesta evapotraspirativa (luglio):

- nei sistemi a parete si misura l'ampiezza della zona ombreggiata, la si moltiplica per la lunghezza del filare, si divide l'area ottenuta per la superficie di 1 ettaro;
- nei sistemi in volume con alberi singoli, l'area ombreggiata può essere approssimata a quella del cerchio, per cui: si misura il raggio l'area della proiezione della chioma al suolo approssimandola ad un cerchio, la si moltiplica per il numero di piante per ettaro, si divide l'area ottenuta per la superficie di 1 ettaro.

### 2.1.3. La curva del $Kc$

Una volta scelti i  $Kc_{ini}$ ,  $Kc_{mid}$  ed il  $Kc_{end}$  è possibile costruire una curva media del  $Kc$  valida per tutta la stagione vegetativa. Per le piante a foglia caduca e suoli nudi, il valore del  $Kc$  nei periodi di stasi vegetativa è pari a 0,15 - 0,20 in funzione delle condizioni climatiche.

A questo punto l'evapotraspirazione colturale può essere calcolata attraverso il semplice prodotto:

$$ETc = Kc * ET_0$$

Ulteriori miglioramenti nella stima dei  $Kc$  sono stati proposti nell'ambito del quaderno n.56 della FAO, essi riguardano:

**La valutazione dell'interazione coltura - atmosfera ed in particolare l'area di suolo ombreggiata dalle piante, con cadenza oraria o giornaliera.** Infatti, essa dipende sia da fattori geografici (latitudine, giorno dell'anno) sia da fattori agronomici (specie, altezza delle piante, orientamento dei filari, densità di



piantagione e forma di allevamento).

**Il metodo irriguo ed in particolare la suddivisione del Kc in un coefficiente che tiene conto dell'evaporazione dalla superficie del suolo (Ke) ed in uno che esprime la sola componente traspirativa della coltura (coefficiente colturale di base, Kcb definito come rapporto tra l'ETc ed ETo quando la superficie del terreno è asciutta ma il contenuto idrico del suolo interessato dall'apparato radicale è ancora adeguato a soddisfare pienamente la traspirazione della coltura).**

**La separazione dell'evaporazione del suolo dalle zone direttamente esposte alla radiazione solare e dalle zone ombreggiate.**

Ai fini della gestione irrigua, nelle aree per le quali si riscontrano difficoltà oggettive nell'ottenere i dati di ETo in tempo reale, si possono utilizzare i valori medi di ETo provenienti da una serie storica di dati rilevati nelle stesse aree in quanto la variabilità tra i vari anni è molto contenuta.

Stimato l'ETc, il fabbisogno irriguo di un frutteto può essere valutato attraverso un bilancio idrico giornaliero sulla base della seguente equazione:

$$(VI \times 10) = (ETc + D + R - Pu - Af - RU) / Eff \quad (m^3 ha^{-1}) (1)$$

In cui:

|                                                                               |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>VI = Volume idrico da restituire</b>                                       | <b>(m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)</b> |
| <b>Eff = Efficienza dell'impianto irriguo</b>                                 | <b>(0,3 + 0,95)</b>                    |
| <b>10 = Coefficiente di conversione da mm a m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup></b> |                                        |
| <b>ETc = Evapotraspirazione colturale</b>                                     | <b>(mm)</b>                            |
| <b>D = Perdite per drenaggio e percolazione</b>                               | <b>(mm)</b>                            |
| <b>R = Perdite per ruscellamento superficiale</b>                             | <b>(mm)</b>                            |
| <b>Pu = Apporti idrici naturali da pioggia ed utili per la coltura</b>        | <b>(mm)</b>                            |
| <b>Af = Apporti idrici naturali da falda</b>                                  | <b>(mm)</b>                            |
| <b>RU = Apporto idrico dalla riserva idrica del suolo</b>                     | <b>(mm)</b>                            |

Questa equazione può essere calcolata per periodi lunghi (pluriannuali, annuali, stagionali) o brevi (mensili, decadali o giornalieri). La precisione dipende sia dalla possibilità di misurare i singoli termini dell'equazione sia dall'ampiezza delle zone per cui si vuole farla valere.

Nella generalità degli ambienti meridionali per terreni in piano e nei casi di corretta gestione dei volumi irrigui i termini D, R, Af sono trascurabili, pertanto l'equazione (1) può essere approssimata alla seguente:

$$(VI \times 10) = (ETc - Pu) / Eff \quad (m^3 ha^{-1}) (2)$$

## 2.2. Turni e volumi di adacquamento

### 2.2.1. Inizio della stagione irrigua

L'inizio della stagione irrigua può essere stabilito valutando la riserva idrica utile del terreno esplorato dalle radici, il fabbisogno idrico delle piante e la piovosità. Diversi sono gli strumenti ed i metodi che permettono di valutare lo stato idrico del terreno (tensiometri, gessetti,

sonda a neutroni, riflettometria nel dominio temporale, ecc.) e delle piante (potenziale idrico fogliare, flusso xilematico, diametro del tronco e/o dei frutti, temperatura delle foglie, ecc.). Si tratta di strumenti e tecniche comunemente impiegate nella sperimentazione ma che risultano sconosciute agli operatori agricoli. Nella quasi totalità delle aziende frutticole, l'inizio della stagione irrigua viene stabilito in modo empirico e, dun-



que, dipende dalla preparazione e dalla esperienza dell'operatore agricolo.

Nei terreni profondi ed in assenza di scheletro, possono essere impiegati anche i tensiometri per la determinazione del primo intervento irriguo. Tali strumenti, però, richiedono un'accurata manutenzione affinché i valori indicati siano vicini a quelli reali. È consigliabile intervenire quando i tensiometri posti negli strati del terreno maggiormente esplorati dalle radici, indicano valori tra  $-0,08$  MPa (olivo) e  $-0,04$  MPa (actinidia, drupacee, ecc.).

In presenza di metodi irrigui localizzati, che bagnano solo una parte del volume di suolo interessato dall'apparato radicale, è consigliabile iniziare la stagione irrigua quando il terreno è ancora umido (60-70% dell'acqua disponibile), per i seguenti motivi:

- **l'inizio precoce della stagione irrigua consente di conservare, negli strati più profondi e nei punti non interessati dagli erogatori, una sufficiente riserva idrica costituita dalle piogge dal momento che l'assorbimento radicale avviene maggiormente dai punti interessati dall'irrigazione, dagli strati superficiali e dalle aree più prossime al tronco delle piante;**
- **la conservazione di una certa riserva idrica nel volume di terreno non interessato dall'irrigazione è utile in quanto consente di mantenere attive anche le radici presenti in tali strati;**
- **durante il periodo di massimo consumo idrico da parte delle piante (luglio - agosto), è forte anche la domanda di acqua da parte di altri settori produttivi (turismo, industria) che vengono spesso privilegiati rispetto al settore agricolo; per le piante avere, in tale periodo, a disposizione la riserva di acqua costituita dalle piogge significa**

**avere la possibilità di superare eventuali periodi di mancanza di acqua per irrigazione, senza entrare in stress idrico severo;**

- **le piante difficilmente entrano in stress (soprattutto in terreni con elevata capacità di ritenzione idrica) per effetto di errori nel calcolo dei volumi e dei turni di adacquamento o a causa di temporanee interruzioni del rifornimento idrico.**

Nel Meridione, vista la scarsità delle precipitazioni durante il periodo primaverile-estivo, risulta impossibile ripristinare le condizioni idriche ottimali nel suolo non interessato dall'irrigazione di frutteti irrigati con sistema localizzato. In pratica però, spesso, il primo intervento irriguo viene effettuato quando le piante hanno consumato gran parte della riserva idrica, creando così notevoli difficoltà nella gestione corretta del metodo irriguo, soprattutto nel periodo in cui la domanda evapotraspirativa dell'ambiente è massima.

Nel caso dei sistemi irrigui che bagnano tutta la superficie di terreno, il primo intervento può essere ritardato dal momento che, con tali metodi, è possibile ripristinare la riserva idrica in tutto il volume di terreno esplorato dalle radici.

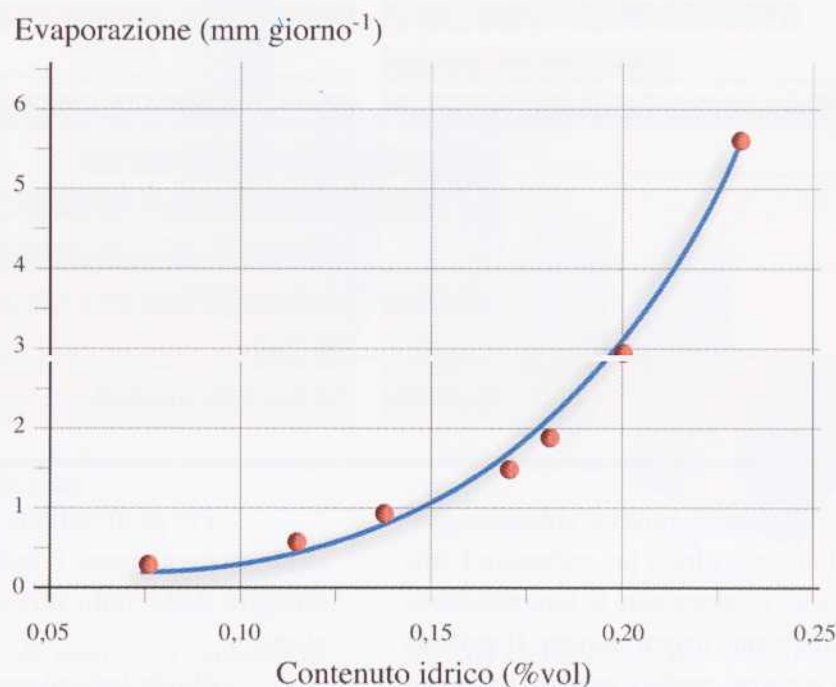
### 2.2.2. Volumi e turni di adacquamento

Per definire i turni ed i volumi di adacquamento è necessario conoscere le necessità idriche delle piante, il volume di terreno esplorato dalle radici, le caratteristiche idrologiche del terreno ed il tipo di impianto irriguo. Il fabbisogno idrico di un frutteto è determinato dallo sviluppo della chioma e dalla domanda evapotraspirativa dell'ambiente. La domanda evapotraspirativa dell'ambiente ed il contenuto idrico del suolo controllano sia la traspirazione sia l'evaporazione dal suolo (Figura 4).

Come già asserito precedentemente, la misura della domanda evapotraspirativa del-



**FIGURA 4 - RELAZIONE TRA EVAPORAZIONE E CONTENUTO IDRICO DEL SUOLO, RILEVATO NEI PRIMI 8 cm DI PROFONDITÀ. I DATI SI RIFERISCONO AD UN OLIVETO ADULTO CON SESTO D'IMPIANTO 7x7 m E CON ETO GIORNALIERO PARI A 8 mm (DA FERNÁNDEZ. & MORENO, 1999)**



l'ambiente risulta relativamente semplice al contrario della definizione della superficie fogliare totale per ettaro, che varia in funzione di numerosi fattori.

Per una programmazione irrigua è necessario conoscere, almeno settimanalmente, l'evapotraspirazione di riferimento e le precipitazioni. I turni di adacquamento saranno più frequenti durante i periodi caratterizzati da elevata domanda evapotraspirativa, da scarsa piovosità e nei terreni con bassa ritenzione idrica. In tali situazioni, i turni da adottare con il metodo di irrigazione a goccia, dovranno essere frequenti considerando che l'acqua immagazzinabile nel volume di suolo interessato dall'irrigazione è sufficiente per soddisfare le esigenze della pianta per 2-3 giorni. Il distanziamento dei turni implica un aumento dei volumi di adacquamento che potrebbe creare, nei terreni pesanti, condizioni asfittiche in corrispondenza degli erogatori ed indurre, nei terreni leggeri e/o superficiali, perdite di acqua negli strati profondi. All'inizio della stagione irrigua e du-

rante l'autunno i turni possono essere più distanziati (7-10 giorni) in quanto i consumi idrici sono più bassi.

### 2.2.3. Fine della stagione irrigua

In molte aree frutticole del Meridione, le favorevoli condizioni climatiche per l'attività delle foglie (traspirazione e fotosintesi) e l'assenza di apporti idrici naturali, rendono necessario il funzionamento dell'impianto irriguo anche nel periodo autunnale. Mantenendo attive le foglie in un periodo in cui, in alcune specie (olivo, actinidia, agrumi) è ancora presente il frutto, si facilita l'accumulo di sostanze di riserva nei vari organi della pianta. Queste sostanze di riserva esplicano un ruolo importante nell'induzione, nella differenziazione delle gemme e nella qualità del fiore, nella resistenza dei diversi tessuti agli abbassamenti termici invernali e contribuiscono ad una migliore ripresa vegetativa nell'anno successivo. In zone in cui esiste il rischio di repentini e precoci abbassamenti termici autunnali è consigliabile, so-



TABELLA 8 - FASI SENSIBILI ALLO STRESS IDRICO (DA MODERATO A SEVERO) IN ALCUNE SPECIE ARBOREE

| Specie                                                       | Fase del ciclo                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Albicocco, ciliegio, susino e pesco<br>a maturazione precoce | Dalla fioritura fino alla raccolta                                                                            |
| Pesco e susino a maturazione tardiva                         | 1 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> fase di crescita del frutto                                                   |
| Agrumi                                                       | Fioritura, allegagione                                                                                        |
| Olivo                                                        | Germogliamento, fioritura, 3 <sup>o</sup> fase di crescita<br>del frutto (in particolare per olivo da tavola) |
| Pomacee                                                      | Fioritura, allegagione e fase di rapida crescita<br>del frutto                                                |
| Actinidia                                                    | Tutto il ciclo annuale                                                                                        |

prattutto negli impianti giovani, abbassare gradualmente l'apporto idrico per rallentare l'attività delle piante ed aumentare la loro resistenza al freddo. Interventi irrigui durante il periodo invernale si possono rendere necessari soltanto in caso di siccità prolungata o per immagazzinare una certa quantità di acqua in zone contraddistinte da scarsa piovosità e da disponibilità idriche limitate nel periodo primaverile-estivo.

#### 2.2.4. Irrigazione in condizioni di scarsa disponibilità idrica

L'applicazione del deficit idrico consiste nell'erogare una quantità di acqua inferiore a quella di cui la coltura necessita per il suo ottimale sviluppo. Una delle modalità di applicazione più utilizzata in letteratura è il deficit idrico controllato o regolato, con cui l'apporto idrico alla coltura viene ridotto e/o sospeso nelle fasi fenologiche meno sensibili, garantendo, invece, un adeguato rifornimento idrico nelle fasi più sensibili alla carenza idrica (Tabella 8). Pertanto, per poter applicare lo stress idrico controllato, con buoni risultati sia in termini di risparmio della risorsa idrica, sia in termini produttivi, è indispensabile conoscere gli effetti della carenza idrica sulla coltura ed individuare le fasi fenologiche meno sensibili.

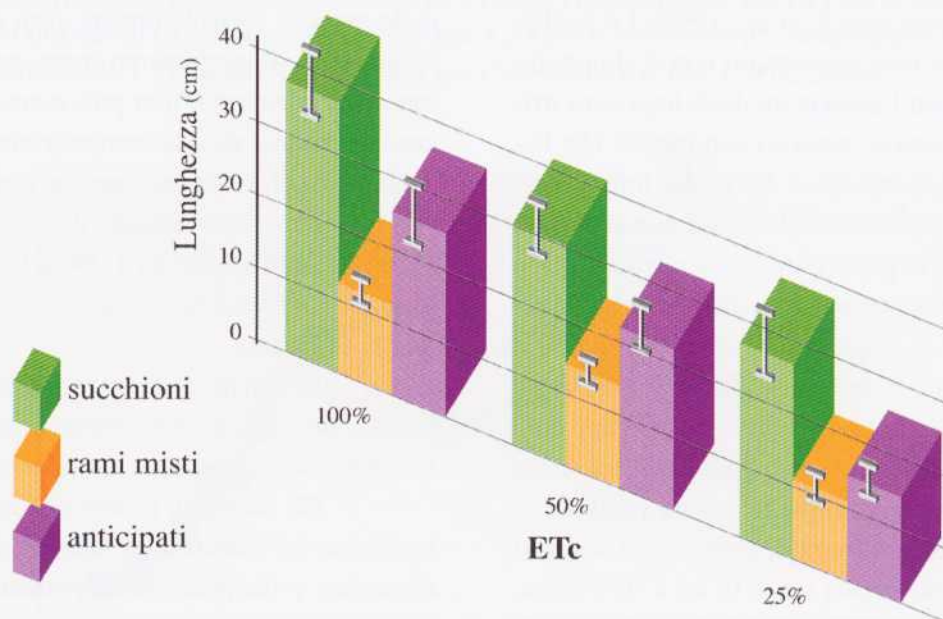
Per poter definire il livello di carenza idrica da raggiungere è indispensabile il monitoraggio dello stato idrico del suolo e della pianta.

Quale indicatore valido dello stato idrico della pianta, per la gestione dell'irrigazione in frutticoltura, è stato proposto il valore del potenziale idrico dello stelo rilevato nell'ora più calda. Tale parametro è ben correlato con il valore del potenziale idrico fogliare all'alba e con i valori di traspirazione e fotosintesi.

Il periodo in cui applicare lo stress idrico e la sua durata, è funzione delle caratteristiche della specie e delle cultivar. L'applicazione del deficit idrico controllato è facilmente praticabile in suoli con una bassa capacità di immagazzinamento idrico e con impianti di irrigazione localizzati, caratteristiche che permettono il controllo dell'umidità nel suolo ed il raggiungimento di livelli di stress desiderati. Per tutte le cultivar a maturazione precoce (entro giugno) lo stress idrico controllato è applicabile con minore difficoltà nella fase post-raccolta. Su piante di pesco, per esempio, durante tale fase è possibile ridurre del 50% l'evapotraspirazione colturale. La conseguente riduzione dei volumi irrigui non ha effetti negativi sulla quantità e qualità della produzione dell'anno successivo e controllando l'attività



**FIGURA 5 - CRESCITA IN DIVERSI TIPI DI RAMO REGISTRATA DA FINE GIUGNO ALL'INIZIO DI OTTOBRE, IN PIANTE DI PESCO SOTTOPOSTE A DIVERSI REGIMI IDRICI (DA DICHIO ET AL., 2001)**



vegetativa consente di ridurre gli ombreggiamenti e gli interventi di potatura verde, in particolar modo per alcune forme di allevamento e in tutte quelle situazioni in cui è difficile il controllo della vigoria delle piante (portinnesti e cultivar vigorosi, terreni fertili, forma di allevamento ad Y trasversale per le drupacee, ecc.) (Figura 5).

Durante il periodo di deficit idrico, per evitare che si determinano forti stress con riflessi negativi sull'attività vegetativa e produttiva, i valori del potenziale idrico dello stelo (drupacee) rilevati nell'ora più calda devono essere compresi tra -1,5 e -1,7 MPa.

Un altro metodo di gestione irrigua proposto di recente è il "PRD" (*Partial Root-zone Drying*). Consiste nell'irrigare solo una parte dell'apparato radicale mantenendola in condizioni idriche ottimali mentre, l'altra parte non irrigata, viene tenuta in condizioni di carenza idrica. La potenzialità di questa tecnica è quella di ridurre sensibilmente i volumi di acqua impiegati e migliorare la produttività. La teoria che è alla base di tale metodo di gestione è quella che l'apparato radicale non irrigato avverte le condizioni di stress idrico e produce un

segnale chimico (ac. abscissico) capace di regolare la fisiologia dell'apparato fogliare, riducendo l'apertura stomatica e di conseguenza la traspirazione.

### 3. LA GESTIONE DEL SUOLO E DELLA PIAN- TA IN CONDIZIONI DI CARENZA IDRICA

**L**a gestione del suolo in condizioni di scarsa disponibilità idrica deve avere il duplice obiettivo di migliorare la sua capacità di ritenzione idrica e di eliminare le perdite per evaporazione e traspirazione di eventuali altre specie presenti nel frutteto.

Per il raggiungimento del primo obiettivo, è necessario migliorare la velocità d'infiltrazione dell'acqua attraverso l'incremento ed il miglioramento della sostanza organica e l'aumento dei "canali" per il movimento verticale dell'acqua nel suolo. I terreni in pendenza, se non gestiti correttamente, presentano una bassa capacità di ritenzione delle acque piovane, analogamente a quelli pianeggianti che vengono lavorati sempre alla stessa profondità, favorendo così la formazione di una suola di lavorazione che ostacola l'infiltrazione verticale dell'acqua.



Le perdite di acqua per evaporazione possono raggiungere il 50% circa delle precipitazioni ed il 30% circa della evapotraspirazione annuale (Bonachela S. *et al.*, 1999). Le perdite per evaporazione aumentano con il diminuire del LAI e con l'aumentare degli interventi irrigui, soprattutto se praticati con metodi che bagnano tutta la superficie del suolo. Infatti, l'efficienza di distribuzione dei vari metodi irrigui per i frutteti in piena produzione varia dal 50 al 90%, fondamentalmente in ragione della diversa quantità di acqua che evapora dal suolo tra due interventi e durante la distribuzione stessa (Foto 2). Nei frutteti giovani, in cui l'apparato radicale non ha ancora raggiunto il massimo sviluppo e l'ombreggiamento da parte della chioma è molto limitato, l'efficienza dei vari metodi irrigui oscilla tra il 10 ed il 95% circa. Siamo quindi "obbligati" ad adottare i metodi irrigui localizzati (goccia, subirrigazione) per i nuovi impianti e riconvertire quelli esistenti eventualmente anche con il contributo finanziario pubblico.

Il controllo dell'evaporazione dal suolo può essere effettuato attraverso la pacciamatura, utilizzando gli scarti colturali derivanti dalle pratiche agricole oppure altro materiale a basso costo. L'inerbimento temporaneo o permanente, purtroppo, non può essere tenuto in considerazione, data la competizione per la risorsa idrica che si innescerebbe con la coltura arborea. Il consumo annuale di un cotico erboso, infatti, può variare da 1.000 a 1.500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> di acqua, in relazione alle specie presenti ed ai fattori ambientali.

In annate di carenza idrica, la distribuzione dei concimi deve essere orientata verso la fertirrigazione e la concimazione fogliare.

Gli interventi relativi alla gestione della chioma dei frutteti in produzione dovrebbero riguardare principalmente la potatura verde ed invernale ed il diradamento dei frutti, mentre per i nuovi impianti sarebbe utile affrontare la questione della scelta della forma di allevamento, dando il giusto peso anche all'efficienza dell'uso dell'acqua da parte della chioma.

**FOTO 2 - NEI FRUTTETI IN PIENA PRODUZIONE, DAL 30 AL 50% DELL'ACQUA DISTRIBUITA CON I METODI CHE BAGNANO TUTTA LA SUPERFICIE, VIENE PERSO CON L'EVAPORAZIONE. IN IMPIANTI GIOVANI TALI PERDITE RAGGIUNGONO ANCHE IL 90%**



| METODO IRRIGUO   | EFFICIENZA |
|------------------|------------|
| sommersione      | 45%        |
| infiltrazione    | 55-75%     |
| aspersione       | 65-75%     |
| microirrigazione | 90-95%     |

**Irrigazione sostenibile delle specie arboree da frutto in ambiente mediterraneo**



**FIGURA 6 - CON LA POTATURA VERDE, DA EFFETTUARE IN PIÙ RIPRESE DURANTE LA PRIMAVERA-ESTATE, OLTRE ALLA RIDUZIONE DEL LAI, E QUINDI DEI CONSUMI IDRICI, SI OTTIENE UN MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DEL PRODOTTO E DELLA PREPARAZIONE DELLA PIANTE PER L'ANNO SUCCESSIVO. IN FIGURA, ANDAMENTO DEL LAI IN UN PESCHETO (CV SPRINCREST, Y TRASVERSALE, 1.111 p ha<sup>-1</sup>) AL 3° ANNO DALL'IMPIANTO (DA GALLOTTA, 2000)**



**TABELLA 9 - CARATTERISTICHE DELLE GEMME A FIORE DI DARDI E BRINDILLI NELLA FASE D'INGROSSAMENTO IN RELAZIONE ALLA DISPONIBILITÀ LUMINOSA NEL PERIODO GIUGNO-OTTOBRE DELL'ANNO PRECEDENTE (CV TIRYNTHOS, 1995) (DA NUZZO ET AL., 1999)**

| PAR                                           | DARDI                |                      |                      | BRINDILLI            |                      |                      |
|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                               | Carboidrati          | Amido                | Peso secco           | Carboidrati          | Amido                | Peso secco           |
|                                               | mg gem <sup>-1</sup> | mg gem <sup>-1</sup> | mg gem <sup>-1</sup> | mg gem <sup>-1</sup> | mg gem <sup>-1</sup> | mg gem <sup>-1</sup> |
| <b>Esposto</b><br>(>40% PPFD disponibile)     | 0,13                 | 0,015                | 4,6                  | 0,03                 | 0,025                | 4,2                  |
| <b>Ombreggiato</b><br>(<20% PPFD disponibile) | 0,06                 | 0,002                | 1,4                  | 0,004                | 0,001                | 1,3                  |
| <b>Significatività</b>                        | **                   | **                   | **                   | **                   | **                   | *                    |

È consigliabile eliminare, con più interventi di potatura verde, quella parte del legno non necessaria per la produzione dell'anno successivo. In questo modo si riduce l'area fogliare (Figura 6) e quindi il consumo idrico e inoltre si ottimizza l'esposizione alla luce dei frutti e dei rami per la produzione dell'anno successivo.

L'esposizione alla luce migliora le caratteristiche qualitative e gustative del frutto, facilita l'accumulo degli elementi minerali che presentano scarsa mobilità all'interno della pianta (Figura 7) e migliora le sostanze di riserva nel legno e nelle gemme a fiore, e quindi anche la qualità del fiore stesso (Tabella 9 e Figura 8).



FIGURA 7 - CONTENUTO DI CALCIO IN FRUTTI DI ACTINIDIA SOTTOPOSTI A DIVERSO REGIME RADIATIVO (DA MONTANARO, 2001)

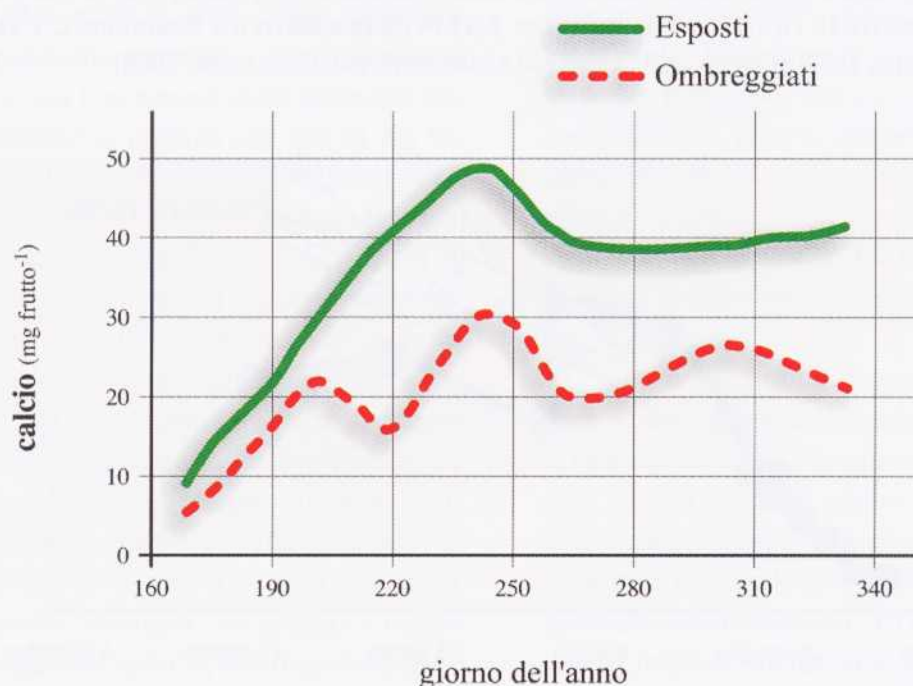


FIGURA 8 - UNO STRESS IDRICO (DA LEGGERO A MODERATO) DOPO LA RACCOLTA (ALBICOCCO) HA EFFETTI POSITIVI SULLA QUALITÀ DEI FIORI PER LA PRODUZIONE DELL'ANNO SUCCESSIVO, GRAZIE AL CONTROLLO DELL'ATTIVITÀ VEGETATIVA, CHE CONTRIBUISCE A MIGLIORARE LA DISTRIBUZIONE DELLA LUCE ALL'INTERNO DELLA CHIOMA

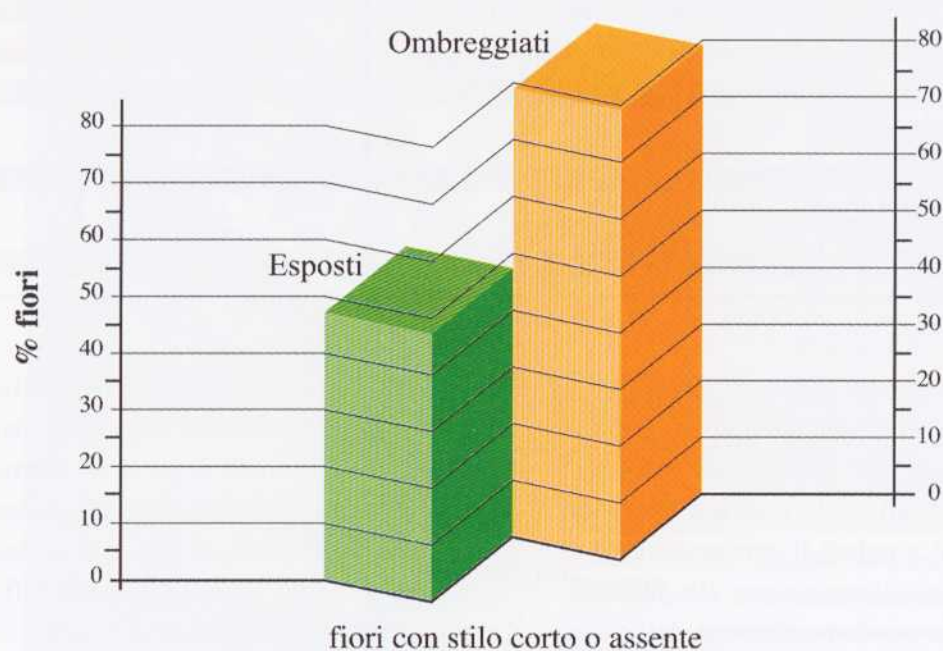




FIGURA 9 - CONSUMO IDRICO DA PARTE DEI FRUTTI DI ACTINIDIA (TENDONE CON PRODUZIONE DI 25 t ha<sup>-1</sup>) (DA XILOYANNIS ET AL., 1999a)



Per contenere i danni della carenza idrica bisogna impostare un diradamento dei frutti diverso dal solito, cercando di lasciare meno frutti per m<sup>2</sup> di foglie (-20% circa), in particolare nelle cultivar a maturazione precoce e in caso di suoli meno profondi e/o leggeri.

È indispensabile un anticipo della potatura "invernale" al mese di agosto per i frutteti in cui, a tale epoca, sia già stata effettuata la raccolta, mentre per gli altri è necessario potare subito dopo la raccolta. Le reti ombreggianti (30-40% di ombreggiamento) possono ridurre notevolmente i consumi idrici e migliorare l'attività fotosintetica.

#### 4. ARCHITETTURA DELLA CHIOMA ED EFFICIENZA DELL'USO DELL'ACQUA

Per "efficienza dell'uso dell'acqua" s'intende il rapporto tra la quantità di anidride carbonica fissata e quella di acqua traspirata. Di tutta l'acqua assorbita dalle radici e trasferita alla parte aerea della pianta, il 99,5% circa viene emessa nuovamente nell'atmosfera attraverso la traspirazione stomatica e cuticolare delle foglie. Il consumo idrico dei frutti rappresenta una minima parte

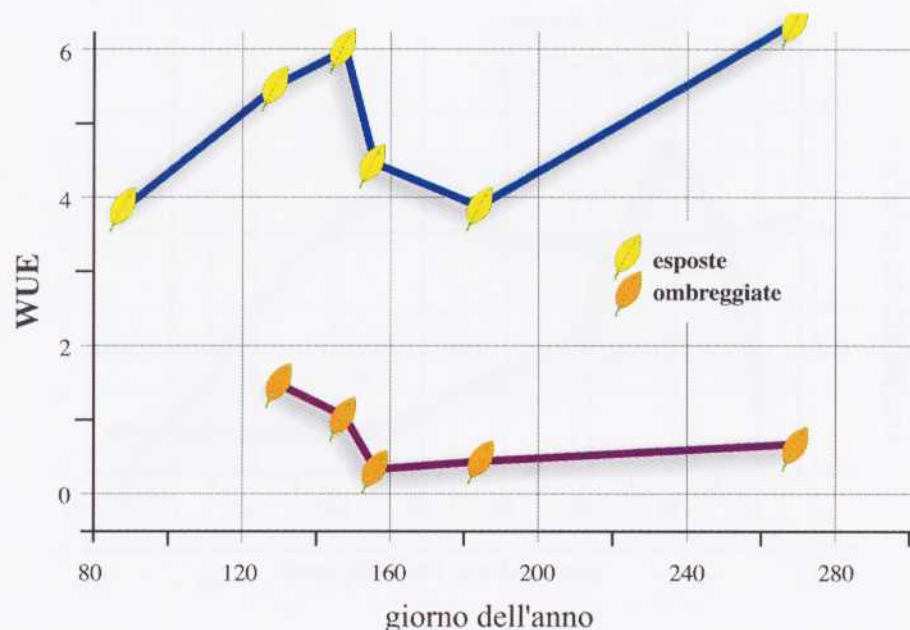
di quella totale (Figura 9) ma essi contribuiscono indirettamente ad aumentare il consumo idrico delle foglie (dal 5 al 15% circa).

Per l'elaborazione degli zuccheri, la pianta deve assorbire la CO<sub>2</sub> dall'atmosfera attraverso le aperture stomatiche. È necessario, quindi, che la via stomatica non sia ostacolata ma libera. Mentre durante il giorno l'attività traspirativa è regolata prevalentemente dalla domanda evapotraspirativa dell'ambiente e secondariamente dalla disponibilità luminosa, per l'attività fotosintetica il fattore limitante è soprattutto la luce. Le foglie che ricevono luce sufficiente per raggiungere il livello massimo di fotosintesi (800-1.000 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> PPFD, Photosynthetic Photon Flux Density), anche traspirando di più, hanno un'efficienza dell'uso dell'acqua di circa 10 volte superiore a quella delle foglie site nelle zone ombreggiate (<20% della radiazione incidente) (Figura 10).

Ad esempio: un volume di 1.000 litri di acqua traspirato da foglie bene esposte alla luce, corrisponde ad una produzione di carbonio di circa 3 kg, mentre, con lo stesso quantitativo di acqua, le foglie ombreggiate producono appena 0,3 kg di carbonio, un quantitativo insufficiente per far fronte al consumo di car-



**FIGURA 10 - WUE IN FOGLIE ESPOSTE (GIALLE) ED OMBREGGiate (MARRONI) DI ALBICOCCO IN PIENA PRODUZIONE DURANTE IL CICLO ANNUALE (DA XILOYANNIS ET AL., 1999b)**



bonio dovuto alla respirazione notturna. La parte della chioma che riceve meno del 20% della radiazione disponibile, quindi, non costituisce per il frutteto un centro di produzione di assimilati bensì un altro centro di assorbimento, con notevoli consumi idrici che, in alcune forme di allevamento, raggiungono circa il 30% del consumo totale (es. tendone per actinidia ed uva da tavola) (Xiloyannis et al., 2000a).

Nella scelta della forma di allevamento, quindi, bisogna tenere in debita considerazione l'efficienza dell'uso della risorsa idrica, efficienza che aumenta con l'aumentare del rapporto foglie esposte/foglie ombreggiate. Tale aumento può essere ottenuto attraverso la riduzione delle dimensioni delle piante, l'adozione di quelle forme che consentono di massimizzare la quota di foglie esposte, riducendo al minimo gli ombreggiamenti, e l'esecuzione di interventi di potatura verde.

## 5. IRRIGAZIONE ED IMPATTO AMBIENTALE

L'irrigazione, in particolare nelle aree con elevato deficit idrico ambientale (scarsa piovosità, elevata domanda

evapotraspirativa) e nei terreni con scarso drenaggio, rappresenta spesso la causa principale dei fenomeni di salinizzazione (circa il 20% delle terre irrigate) e alcalinizzazione dei suoli. La conoscenza della composizione chimica dell'acqua utilizzata a scopi irrigui è necessaria ma non sufficiente per valutare la sua idoneità per l'irrigazione (Tabella 10). Altri fattori, quali il clima, le caratteristiche del suolo, le condizioni di drenaggio ed il metodo irriguo dovrebbero essere considerati per valutare il rischio di salinizzazione e alcalinizzazione dei terreni.

Considerando i notevoli volumi idrici utilizzati nella frutticoltura meridionale (circa 6-7.000 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>anno<sup>-1</sup>), la scarsa piovosità, la sempre più bassa qualità delle acque impiegate e la loro distribuzione localizzata, ogni anno vengono apportati grossi quantitativi di sali (Tabella 11) che, in pochi anni, possono rendere i suoli non idonei alla coltivazione in particolare di quelle specie più sensibili alla salinità ed alla alcalinità pH >8 (pesco, actinidia, agrumi - con portinnesti diversi dall'arancio amaro - ecc.).

Tale problematica è tutt'altro che nuova ed era già nota ai Sumeri, vissuti nel 3.000 a.C. in Medio Oriente tra i fiumi Tigri



TABELLA 10 - CARATTERISTICHE DELL'ACQUA DI POZZI NELLE VALLI DI FIUMI LUCANI (mg L<sup>-1</sup>)

|                 | Bradano | Agri | Sinni | Basento | Cavone |
|-----------------|---------|------|-------|---------|--------|
| Salinità totale | 930     | 670  | 659   | 803     | 1.407  |
| Cloruri         | 170     | 148  | 74    | 250     | 27     |
| Solfati         | 198     | 73   | 130   | 115     | 306    |
| Bicarbonati     | 439     | 329  | 295   | 383     | 613    |
| Sodio           | 128     | 174  | 40    | 109     | 188    |
| Magnesio        | 50      | 58   | 20    | 46      | 78     |
| Calcio          | 153     | 132  | 112   | 109     | 152    |
| Nitrati         | 24      | 23   | -     | 22      | 10     |
| potassio        | 1       | 12   | 3     | -       | 15     |

TABELLA 11 - ACCUMULO DI ELEMENTI MINERALI E DI ALTRI COMPOSTI CHIMICI NEL SUOLO DI UN FRUTTETO IRRIGATO (7.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) CON LE ACQUE DEI POZZI DELLA VAL D'AGRI CONSIDERANDO LE ASPORTAZIONI DA PARTE DELLE PIANTE

|             | Accumulo (Kg ha <sup>-1</sup> ) |         | Asportazioni (Kg ha <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|---------------------------------|---------|-------------------------------------|--------|
|             | 1 anno                          | 15 anni | in 15 anni                          | Δ      |
| Cloruri     | 1.036                           | 15.540  | --                                  | 15.540 |
| Solfati     | 511                             | 7.665   | --                                  | 7.665  |
| Bicarbonati | 2.303                           | 34.545  | --                                  | 34.545 |
| Sodio       | 1.218                           | 18.270  | --                                  | 18.270 |
| Magnesio    | 406                             | 6.090   | 45                                  | 6.045  |
| Calcio      | 924                             | 13.860  | 45                                  | 13.815 |
| Azoto       | 37                              | 555     | 1.350                               | -798   |
| Potassio    | 112                             | 1.680   | 560                                 | 1.120  |

ed Eufrate, i quali utilizzavano le acque di questi due fiumi per l'irrigazione. Dopo circa 600 anni d'irrigazione con queste acque, si manifestarono i primi problemi di salinizzazione dei terreni dovuti all'accumulo di sali nel corso degli anni, che portarono all'abbandono dei terreni, con notevoli ripercussioni sull'attività agricola, e infine causarono il declino della civiltà dei Sumeri. Un analogo fenomeno si è verificato nei terreni irrigui dei Babilonesi, posti nella parte settentrionale della vallata del fiume Tigri, e fu una delle cause della scomparsa di tale civiltà. Lo stesso problema interessa oggi vari Paesi del mondo, co-

me Israele, Pakistan, Sud Italia, Sud della Spagna, Grecia, ecc. La salinizzazione dei suoli colpisce soprattutto le zone costiere, dove spesso l'acqua utilizzata per l'irrigazione viene prelevata da pozzi il cui tenore in sali è in continuo aumento, a causa del mancato ripristino della falda freatica da parte dell'acqua piovana e del conseguente ingresso di acqua marina. La situazione è aggravata anche dalla perdita della fertilità dei suoli (impoverimento di sostanza organica), dal tipo di gestione dell'irrigazione, dall'uso di acque sempre più inquinate, dalla scarsità di piogge e dall'elevata domanda evapotraspirativa dell'ambiente.



Si potrebbe affermare, in questo caso, che il processo di desertificazione avanza con l'irrigazione e non a causa della scarsità di acqua.

Gli elevati volumi idrici impiegati nel settore agricolo (circa il 60-70% del consumo totale) hanno un forte impatto ambientale, in quanto il soddisfacimento del fabbisogno di tale settore comporta prelievi da corpi idrici superficiali e/o sotterranei che spesso modificano gli equilibri naturali.

In particolare, il prelievo di acque sotterranee incontrollato o in misura superiore alla capacità di ricarica, spesso determina un abbassamento del livello piezometrico, con conseguente aumento dei costi di pompaggio, peggioramento della qualità delle acque, e ingresso di acque marine nelle zone litoranee.

L'irrigazione, se non gestita correttamente, può causare l'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee attraverso il trasporto, per scorrimento o infiltrazione negli strati più profondi, di elementi minerali (in particolare di nitrati), pesticidi, e diserbanti eventualmente applicati al suolo. L'utilizzo dei metodi irrigui localizzati (irrigazione a goccia e subirrigazione) correttamente gestiti (turni giornalieri con bassi volumi di adacquamento, pari alle esigenze del frutteto) contribuisce ad evitare l'inquinamento delle acque sia superficiali che sotterranee.

La non-lavorazione del suolo, l'uso della fertirrigazione ed una buona dotazione di sostanza organica costituiscono, inoltre, degli strumenti in grado di ridurre l'impatto ambientale della tecnica irrigua.

## 6. FERTIRRIGAZIONE

**A**l momento dell'impianto di un frutteto è necessario predisporre l'impianto irriguo in modo tale da consentire anche la distribuzione dei concimi, per i seguenti motivi:

**L'apparato radicale delle giovani piantine nei primi 2-3 anni dall'impianto interessa un volume di suolo molto limitato, ed è quindi conveniente**

**distribuire il concime con l'acqua per contenere le perdite in particolare quelle azotate aumentando così l'efficienza.**

**La pianta ha bisogno di assorbire elementi minerali dal suolo durante tutto l'anno, ed è quindi necessario distribuirli frequentemente durante tutto il ciclo vegetativo, evitando i "consumi di lusso" ed i problemi di mancato assorbimento dovuti agli antagonismi fra i vari elementi.**

**Durante il ciclo annuale, per effetto della mineralizzazione della sostanza organica, si rende disponibile azoto in forma nitrica ed ammoniacale. Mediante la tecnica della fertirrigazione si possono meglio gestire gli apporti minerali tenendo in considerazione, oltre all'azoto derivante dalla sostanza organica, quello contenuto nell'acqua d'irrigazione e quello delle piogge.**

**Riduzione dei costi sia per l'acquisto che per la distribuzione dei concimi, grazie alla riduzione dei quantitativi di elementi minerali e delle possibilità di automazione dell'impianto.**

**Il concime distribuito con l'acqua viene portato immediatamente a contatto con le radici e quindi assorbito, mentre con la distribuzione tradizionale si verifica che, nelle zone non interessate dall'irrigazione ed in assenza di piogge, i fertilizzanti rimangono in superficie dove subiscono trasformazioni che li rendono meno disponibili ad essere assorbiti (retrogradazione del fosforo, fissazione del potassio), o definitivamente persi (gasificazione dell'azoto).**

L'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha prodotto delle soluzioni relative alle



attrezzature per la distribuzione dei concimi con il metodo della fertirrigazione che stanno rivoluzionando anche il settore frutticolo.

Quello delle colture ortofloricole, in particolare delle colture fuori suolo, è stato il settore pioniere di tale innovazione che ha interessato l'informatizzazione nei sistemi di controllo e distribuzione della soluzione nutritiva nei momenti programmati.

### 6.1. Concimi da utilizzare

La scelta del concime da impiegare va effettuata considerando il costo per unità fertilizzante, la qualità dell'acqua, il pH del suolo, la sua solubilità e compatibilità con altri elementi minerali (Tabelle 12 e 13) e le necessità nutrizionali della pianta (Tabella 14).

In un concime idrosolubile è importante anche l'assenza di cloro, la purezza (%)

minima di residui insoluti), la velocità di solubilizzazione e la solubilità in relazione alle temperature dell'acqua (Tabella 15).

Per quanto riguarda i concimi azotati, l'urea è il più utilizzato per la fertirrigazione per i seguenti motivi:

- **Elevata concentrazione di azoto**
- **Costo più basso per unità di azoto**
- **Limitate perdite per percolazione**
- **Elevata solubilità**

Il suo impiego, però, determina un aumento del pH della soluzione (Tabella 12). All'inizio del ciclo annuale, con temperature dell'ambiente non favorevoli alla trasformazione dell'azoto organico in azoto ammoniacale e nitrico, è conveniente impiegare formulati a base di azoto nitrico o ammoniacale.

**TABELLA 12 - SOLUBILITÀ pH ED ALTRE CARATTERISTICHE DI ALCUNE SOLUZIONI FERTILIZZANTI. (DA AA.VV., 2000)**

|                                                  | Quantità massima (kg) solubilizzata in 100 L a 20 °C | Tempo di solubilizzazione (min) | pH soluzione | % insolubilizzato | Note                                                              |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Urea                                             | 105                                                  | 20                              | 9,5          | trascurabile      | Abbassa la temperatura della soluzione                            |
| Nitrato ammonico<br>$\text{NH}_4\text{NO}_3$     | 195                                                  | 20                              | 5,6          |                   | Corrosivo per ferro e ottone galvanizzati                         |
| Solfato ammonico<br>$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 43                                                   | 15                              | 4,5          | 0,5               | Corrosivo per acciaio dolce                                       |
| Fosfato monoammonico<br>(PMA)                    | 40                                                   | 20                              | 4,5          | 11                | Corrosivo per acciaio al carbonio                                 |
| Fosfato biammonico<br>(PDA)                      | 60                                                   | 20                              | 7,6          | 15                | Corrosivo per acciaio al carbonio                                 |
| Cloruro di potassio<br>KCl                       | 34                                                   | 5                               | 7-9          | 0,5               | Corrosivo per ottone e acciaio dolce                              |
| Solfato di potassio<br>$\text{K}_2\text{SO}_4$   | 11                                                   | 5                               | 8,5-9,5      | 0,4-4             | Corrosivo per acciaio dolce                                       |
| Nitrato di potassio<br>$\text{KNO}_3$            | 31                                                   | 3                               | 10,8         | 0,1               | Abbassa la temperatura della soluzione<br>Corrosivo per i metalli |



**TABELLA 13 - TAVOLA DI MISCIBILITÀ DEI CONCIMI PIÙ COMUNI PER FERTIRRIGAZIONE (C= COMPATIBILE, L= LIMITATAMENTE COMPATIBILE, X= INCOMPATIBILE) (DA UZI MONTAG, 1999)**

|                          | Urea | NA | SA | NC | PMA | PMK | AP | NK | SMg | SOK |
|--------------------------|------|----|----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| Urea                     |      | C  | C  | C  | C   | C   | C  | C  | C   | C   |
| Nitrato ammonico (NA)    | C    |    | C  | C  | C   | C   | C  | C  | C   | C   |
| Solfato ammonico (SA)    | C    | C  |    | L  | C   | C   |    | L  |     |     |
| Nitrato di calcio (NC)   | C    | C  | L  |    | X   | X   | X  | C  | C   | L   |
| Fosfato monoam. (PMA)    | C    | C  | C  | X  |     | C   | C  | C  | X   | C   |
| Fosf. monopotas. (PMK)   | C    | C  | C  | X  | C   |     | C  | C  | X   | C   |
| Acido fosforico (AP)     | C    |    |    | X  | C   | C   |    | C  | X   | C   |
| Nitrato di potassio (NK) | C    | C  | L  | C  | C   | C   | C  |    | L   | C   |
| Solfato di Mg (SMg)      | C    | C  |    | C  | X   | X   | X  | L  |     | C   |
| Solfato di K (SOK)       | C    | C  |    | L  | C   | C   | C  | C  | C   |     |

**TABELLA 14 - ASPORTAZIONI MEDIE DI UN QUINQUENNIO (kg ha<sup>-1</sup>) DI ELEMENTI MINERALI IN ALBICOCCO (Y TRASVERSALE, 1111 p ha<sup>-1</sup>, PRODUZIONE MEDIA 22,3 t ha<sup>-1</sup>) (DA XILOYANNIS ET AL., 1997a)**

|               | S.S. t ha <sup>-1</sup> | N            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO          | MgO         |
|---------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|------------------|--------------|-------------|
| Frutti        | 2,2                     | 31,5         | 9,2                           | 59,8             | 10,5         | 6,5         |
| Potatura*     | 3,2                     | 37,6         | 10,3                          | 28,7             | 57,0         | 11,8        |
| Foglie*       | 2,8                     | 45,7         | 2,8                           | 66,4             | 55,7         | 22,7        |
| <b>Totale</b> | <b>8,2</b>              | <b>114,8</b> | <b>22,3</b>                   | <b>154,9</b>     | <b>123,2</b> | <b>41,0</b> |

\* Le asportazioni reali, nei casi in cui il materiale della potatura viene trinciato, sono rappresentate dagli elementi minerali contenuti nei frutti e dal 50% dell'azoto contenuto nelle foglie e nel legno della potatura.

**TABELLA 15 - SOLUBILITÀ APPROSSIMATIVA (GRAMMI DI PRODOTTO PER 100 GRAMMI DI ACQUA) A DIVERSE TEMPERATURE (DA UZI MONTAG, 1999)**

| Temp. °C | KNO <sub>3</sub> | KCl | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> | Urea |
|----------|------------------|-----|--------------------------------|---------------------------------|------|
| 10       | 21               | 31  | 9                              | 158                             | 84   |
| 20       | 31               | 34  | 11                             | 195                             | 105  |
| 39       | 46               | 37  | 13                             | 242                             | 133  |

Il pericolo di precipitazione di fosfati insolubili è molto elevato quando vengono utilizzati il fosfato-monoammonico (PMA) o fosfato-diammonico (PDA) con acque d'irrigazione a elevato contenuto di calcio o di magnesio, perché possono verificarsi occlusioni

degli erogatori e problemi alle valvole.

L'acido fosforico, oltre a fornire il fosforo necessario alla coltura, abbassa il pH della soluzione e pulisce le tubazioni. Data la sua elevata azione corrosiva, si impone l'uso di materiali adeguatamente resistenti. I concimi

**Irrigazione sostenibile delle specie arboree da frutto in ambiente mediterraneo**



PMA e PDA non sono così solubili come l'acido fosforico ma hanno il vantaggio di fornire anche azoto ammoniacale.

Il nitrato di potassio viene maggiormente consigliato per la sua solubilità (Tabella 15) e per il suo contenuto in azoto. Il solfato di potassio è meno impiegato nel settore della fertirrigazione in quanto la sua solubilità è più bassa. Il cloruro di potassio è quello che fornisce potassio a prezzo più basso, ma la presenza del cloro può creare problemi, in particolare per le specie sensibili.

I concimi liquidi sono quelli che creano meno problemi ma il loro costo elevato, dovuto prevalentemente ai maggiori costi di trasporto, ne limita l'impiego.

Altri macroelementi: formulati solubili per il calcio, magnesio e zolfo esistono ma sono molto costosi e non sempre sono compatibili con altri elementi minerali; possono determinare precipitazioni e quindi problemi di occlusione nei vari componenti dell'impianto. Non viene, quindi, consigliata la distribuzione di questi elementi attraverso la fertirrigazione.

Microelementi: concimi sotto forma di chelati e solfati dei vari microelementi vengono utilizzati nel settore della fertirrigazione per correggere eventuali carenze. Questi concimi devono essere preventivamente sciolti ed aggiunti in soluzione nel serbatoio del fertirrigatore. I microelementi che possono essere iniettati nel sistema irriguo sono: rame, ferro, zinco, manganese, boro e molibdeno.

## 6.2. Scelta delle attrezzature

La scelta dell'impianto di fertirrigazione deve essere tale da consentire di regolare e programmare:

- la quantità del concime
- la proporzione dei vari concimi
- l'inizio e la fine degli interventi

In genere vengono utilizzate due modalità:

- **Distribuzione proporzionale: Il ritmo di immissione del concime è**

**proporzionale alla portata di acqua (es.: 1 litro di soluzione per m<sup>3</sup> di acqua).**

- **Distribuzione quantitativa: Una quantità di soluzione nutritiva viene distribuita globalmente per ogni intervento irriguo e per ogni settore.**

Il concime può essere distribuito a ritmo costante dall'inizio alla fine dell'intervento irriguo oppure la sua distribuzione può avvenire dopo qualche minuto dall'inizio del funzionamento del sistema e terminare prima della completa erogazione del volume di acqua prestabilito, dando così la possibilità al sistema di auto pulirsi da eventuali residui di concime.

La distribuzione del concime nel volume di suolo interessato dall'irrigazione è molto diversa, in particolar modo per l'azoto, per concentrazione e diffusione, sia in profondità che lateralmente. Tali variazioni di concentrazione e diffusione sono determinate dal momento di immissione del concime nell'impianto di irrigazione, dal quantitativo applicato e dal tipo di suolo. La distribuzione è uniforme se:

- **il concime viene immesso nel sistema durante tutta la durata dell'intervento irriguo;**
- **è presente una maggiore quantità del concime negli strati più profondi, nel caso in cui la sua distribuzione venga fatta soltanto all'inizio dell'intervento irriguo;**
- **c'è maggior presenza del concime negli strati superficiali del suolo, nel caso in cui l'immissione avvenga solo nella parte finale dell'intervento irriguo.**

Nei terreni leggeri e/o superficiali e nelle piante con apparati radicali superficiali è preferibile una distribuzione dei concimi azotati nella fase terminale dell'erogazione dell'acqua, mentre nei terreni con elevata capacità di ritenzione idrica e con gli elementi minerali poco mobili nel suolo conviene una loro distribuzione all'inizio di ogni intervento irriguo.



### 6.3. Sistemi di fertirrigazione

I fertirrigatori si possono dividere nei seguenti sistemi:

- A pressione differenziata
- Venturi
- A pompa

#### 6.3.1. Sistema a pressione differenziata

È il meno costoso, consente comunque di regolare la distribuzione dei concimi solo nel modo quantitativo.

**VANTAGGI:** semplicità nella realizzazione della soluzione madre la quale non deve essere premiscelata, è facile da installare, richiede poca manutenzione, semplice il cambio dei concimi, ideale per i concimi solidi.

**INCONVENIENTI:** la concentrazione della soluzione diminuisce con il tempo di funzionamento, richiede una perdita di pressione nella tubazione principale, capacità limitata, la distribuzione dei concimi è determinata dal volume di acqua (impossibile la fertirrigazione proporzionale). Da sconsigliare nei terreni leggeri e/o superficiali, difficile l'automazione.

#### 6.3.2. Sistema Venturi

Questo sistema, attraverso la differenza di velocità che si instaura nella tubazione principale, crea un gradiente di pressione con valori più elevati a valle della strozzatura. Tale depressione (10-30% della pressione a valle) consente l'aspirazione e l'introduzione nell'impianto d'irrigazione della soluzione nutritiva dal contenitore. Operando sulla valvola del bypass si può regolare l'immissione del concime (da 2 a 3.000 litri per ora).

**VANTAGGI:** molto semplice da installare, richiede poca manutenzione, l'immissione del concime può essere controllata con una certa precisione, bassi costi d'investimento e di manutenzione.

**INCONVENIENTI:** richiede una perdita di pressione nella tubazione principale (può raggiungere il 30%), ed è difficilmente automa-

tizzato. Il sistema irriguo deve operare al massimo delle sue potenzialità per poter iniettare la soluzione nutritiva.

#### 6.3.3. Sistema a pompa

È il metodo più comune per iniettare il concime ed altre sostanze (es. acidi) nelle tubazioni irrigue. Vengono usate pompe azionate dall'energia elettrica oppure dalla pressione idraulica presente nell'impianto irriguo. Queste ultime, che possono essere a pistone o a diaframma, sono quelle che attualmente dominano il mercato della fertirrigazione.

**VANTAGGI:** semplicità nell'installazione e manutenzione; la distribuzione del concime può avvenire sia nel modo proporzionale che quantitativo; non richiede differenze di pressione nella tubazione principale, facile automazione, precisione molto elevata.

**INCONVENIENTI:** elevato numero di componenti, necessita di una pressione minima nel sistema per poter operare, sensibile alla presenza di aria nell'impianto, costi più elevati d'investimento e di manutenzione.

### 6.4. Gestione del sistema

L'efficienza della fertirrigazione spesso dipende da quella del sistema irriguo e dalla sua corretta gestione. È indispensabile, quindi, la conoscenza delle necessità idriche e nutrizionali della coltura, negli anni e durante le varie fasi di crescita (Tabella 14).

A causa dell'effetto corrosivo di molti concimi, le componenti dell'impianto irriguo a contatto con la soluzione nutritiva dovranno essere di plastica, di acciaio inossidabile o di altro materiale che non venga corrosivo. La concentrazione totale dei concimi nella tubazione principale non deve superare i 5 grammi per litro. Se i concimi non vengono completamente disciolti e miscelati prima della loro immissione nel sistema irriguo possono provocare delle otturazioni agli erogatori, bloccaggio di valvole e difformità di distribuzione.

La fertirrigazione aumenta la presenza nell'impianto dei vari elementi minerali i



quali portano ad un aumento dei batteri, delle alghe e della mucillagine. È necessario, quindi, intervenire ad intervalli regolari per la pulizia dell'impianto.

La moderna fertirrigazione si basa sulla gestione delle soluzioni nutritive affidata

a sistemi centralizzati ed informatizzati, con software che consente di memorizzare un certo numero di programmi, offrendo la possibilità al tecnico di definire non soltanto la distribuzione dei concimi ma anche degli acidi per il controllo del pH della soluzione.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., (2000). *Fertirrigacion y control en frutales y viñas*. Edit.: Bioamerica.
- Anconelli S., Battilani, A., Gallina D., Genovesi R., Guidotti G., Mannini P., Pietrosi I. (1999). *La microirrigazione*. Regione Emilia Romagna - C.E.R. Collana Studi e Ricerche, Bologna).
- Bonachela S., Orgaz F., Villalobos F. J., Fereres E. (1999) *Measurement and simulation of evaporation from soil in olive orchards*. Irrig. Sci. 18: 205-211.
- Doorenbos J. E. e Pruitt W.O. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Roma, pag. 156.
- FAO (1998). *Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Roma.
- Dichio B., Xiloyannis C., Nuzzo V., Montanaro G., Celano G. (2001). *Risparmiare acqua attraverso lo stress idrico controllato: l'esempio della cultivar Springcrest nel Metapontino*. Italus Hortus, (8) 3: 47-49.
- Fernández, J.E. e Moreno F. (1999). *Water use by the olive tree*. In "Water use in crop production". Ed. M.B. Kirkham, Food Products Press. Imprint of Haworth Press, Inc.: 101-162.
- Gallotta P. (2000). *Efficienza produttiva ed economica in piante di pesco (Prunus persica L. Batsch) allevate a Y trasversale ed a Vaso*. Tesi di Lauera, AA 1999-2000, Università degli Studi della Basilicata (PZ).
- Giardini L. (1977). *Agronomia Generale*. Patron Editore - Bologna.
- Montanaro G. (2001). *Assorbimento e traslocazione del calcio in diversi organi di piante di actinidia (Actinidia deliciosa C.F. Liang et A. R. Ferguson)*. Tesi di laurea AA 2000-2001, Univesità degli Studi della Basilicata - PZ.
- Nuzzo V., Dichio B., Celano G., Montanaro G., Xiloyannis C. (1999). *Evoluzione delle sostanze di riserva in diversi organi di albicocco cv Tiryntos: effetto del regime radiativo*. Italus Hortus, (6) 3: 67-68.
- Uzi Montag. (1999). *Fertigation in Israel*. In: IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition. Barcellona, 29 giugno - 2 luglio.
- Xiloyannis C., (1992). *Irrigazione*. In: Frutticoltura Generale. (F. Lalatta Ed.). Ediz. REDA, Roma, 597-623.
- Xiloyannis C., Celano G., Dichio B., Nuzzo V., Montanaro G. (1997a). *Gestione delle risorse idriche e minerali in un albicocchetto in piena produzione*. Rivista di Frutticoltura, 7-8: 41-46.
- Xiloyannis C., Dichio B., Celano G., Montanaro G. (1999a). *La risorsa idrica fattore limitante per l'ulteriore sviluppo della frutticoltura meridionale*. Rivista di Frutticoltura, 7-8: 56-63.
- Xiloyannis C., Massai R., Piccotino D., Baroni G., Bovo M. (1993). *Method and technique of irrigation in relation to root system characteristics in fruit growing*. Acta Horticulturae, 335: 505-510.
- Xiloyannis C., Montanaro G., Mattatelli B., Ventimiglia M. (2000a). *Fertirrigazione: per una frutticoltura di qualità a basso impatto ambientale*. Attività dell'Osservatorio di Competizione Tecnologica, (Ed. Archivio), 127-147.
- Xiloyannis C., Nuzzo V., Dichio B., Celano G., (1997b). *L'importanza delle caratteristiche dell'apparato radicale e dell'architettura della chioma nella scelta e nella gestione del metodo irriguo per l'actinidia*. Rivista di Frutticoltura, 5: 31-37.
- Xiloyannis C., Nuzzo V., Dichio B., Celano G., Montanaro G. (1999b). *Disponibilità radiativa ed efficienza dell'uso dell'acqua in impianti arborei da frutto*. Rivista di Irrigazione e Drenaggio, (46) 2: 47-51.
- Xiloyannis C., Palese A.M., Celano G., Dichio B., Romano M. (2000b). *La gestione della concimazione e della irrigazione per una olivicoltura di qualità ed a basso impatto ambientale*. Accademia Nazionale dell'Olio: Tornata dell'Accademia Nazionale dell'olivo in Basilicata. Matera, 18 febbraio, 65-115.