

L'irrigazione sostenibile in frutticoltura[§]

Cristos Xiloyannis*, Bartolomeo Dichio

*Dipartimento di Scienze dei Sistemi Colturali Forestali e dell'Ambiente, Università della Basilicata
Viale dell'Ateneo Lucano, 85100 Potenza*

Società Orticola Italiana

Riassunto

Nonostante l'innovazione tecnologica abbia reso disponibili, fin dagli anni '70, strumenti e materiali che permettono l'ottenimento di una elevata efficienza dei metodi irrigui (90-95%), ancora oggi nel settore frutticolo si fa largo uso di metodi con bassa efficienza (40-50%). Una prerogativa fondamentale per ottenere il massimo dell'efficienza dei metodi irrigui a microportata è disporre di acqua a domanda in modo da garantire la gestione dell'irrigazione con bassi volumi d'adacquamento e turni brevi. Tale gestione permette di mantenere l'umidità del suolo a livelli ottimali e controllare sia la nutrizione idrica che minerale delle piante. Inoltre in fase di progettazione dell'impianto irriguo bisogna tenere in considerazione le caratteristiche pedo-climatiche, la quantità e la qualità dell'acqua disponibile e le caratteristiche della specie coltivata. Le recenti conoscenze relative ai rapporti pianta-terreno-atmosfera permettono di migliorare ulteriormente l'efficienza dell'uso dell'acqua da parte delle piante, prendendo in considerazione la vocazionalità delle specie, cultivar e portinnesti, scegliendo l'architettura della chioma e le tecniche innovative per la sua corretta gestione. Sono auspicabili azioni coordinate tra i servizi di Sviluppo agricolo, i Consorzi d'irrigazione, le Associazioni dei produttori, i tecnici e gli imprenditori che operano nel settore agricolo, per introdurre, alla luce delle attuali conoscenze, una nuova cultura dell'utilizzazione delle risorse idriche. Cultura che dovrà puntare ad un uso sostenibile della risorsa acqua mediante la combinazione di fattori che riguardano la scelta e la gestione del metodo irriguo e la conduzione della pianta e del suolo.

Parole chiave: stress idrico, volumi irrigui, architettura della chioma, apparato radicale, area fogliare.

Summary

SUSTAINABLE IRRIGATION IN FRUIT TREES

Water management in fruit growing, particularly in areas with high water deficit, low rainfall and limited availability of water for irrigation should aid to save water by: i) the choice of high efficiency irrigation methods and their correct management; ii) the proper choice of the specie, cultivar and rootstock to optimise plant water use; iii) the proper choice of the architecture of the canopy and it's correct management in order to improve water use efficiency; iv) the application of regulated deficit irrigation at growth stages less sensitive to water deficit; v) strengthening the role of technical assistance for a rapid transfer of knowledge to the growers on the sustainable use of water in fruit growing.

Key-words: regulated deficit irrigation, irrigation volume, canopy architecture, root system, leaf area.

[§] Lavoro svolto nell'ambito dei Progetti BRIMET e PRIN2005 (Metodologie e sistemi integrati per la valorizzazione di prodotti ortofrutticoli di particolare interesse degli areali di Brindisi e Metaponto). Il lavoro è da attribuirsi agli Autori in parti uguali.

* Autore corrispondente: tel.: +39 3293606262; fax: +39 0971 205378. Indirizzo e-mail: cristos.xiloyannis@unibas.it

1. Introduzione

Nel settore frutticolo, in particolare quello delle aree caratterizzate da elevato deficit idrico ambientale, per una migliore utilizzazione delle risorse idriche finalizzata al risparmio idrico, al controllo dell'impatto ambientale e al miglioramento della qualità della produzione, è necessario intervenire su:

- scelta e progettazione del metodo irriguo;
- gestione del metodo irriguo;
- architettura della chioma ed efficienza dell'uso dell'acqua;
- stress idrico controllato.

2. Scelta e progettazione del metodo irriguo

Per un utilizzo razionale della risorsa idrica in frutticoltura i metodi irrigui da adottare devono necessariamente essere quelli localizzati, ad eccezione per gli impianti di actinidia, specie molto sensibile alla carenza idrica e per terreni con bassa capacità di ritenzione idrica. Talvolta, però, l'adozione di tali metodi è ostacolata dallo stato attuale delle reti consortili di distribuzione, che non sono in grado di erogare l'acqua a domanda, condizione essenziale per la corretta gestione degli impianti ad erogazione localizzata. Per aziende di dimensioni medio-grandi è possibile superare tale difficoltà, grazie alla possibilità di costruire invasi aziendali che consentono di far funzionare gli impianti microirrigui con turni di 1-2 giorni (foto 1).

3. Conoscere il suolo

Le caratteristiche fisico-meccaniche del profilo di suolo potenzialmente esplorabile dalle radici, la dotazione in sostanza organica ed il tipo di gestione determinano la sua capacità di assorbire e trattenere l'acqua delle piogge e quella d'irrigazione. Convenzionalmente l'acqua disponibile per le piante viene definita come differenza tra la quantità contenuta alla capacità idrica di campo (-0,03 MPa) e quella contenuta al punto di appassimento (-1,5 MPa). La differenza tra il quantitativo di acqua contenuto alla CIC e quello contenuto all'inizio dello stress idrico rappresenta la riserva di acqua facilmente utilizzabile dalle piante (RFU). In generale,



Foto 1. La realizzazione di impianti di accumulo aziendali è indispensabile per fronteggiare una turnazione dell'acqua da parte dell'Ente Gestore troppo lunga (7-10 giorni) nel caso dei metodi irrigui localizzati.

Photo 1. The implementation of reservoirs to store surface waters directly in the farms is indispensable when is applied the microirrigation system.

le specie arboree da frutto, iniziano a presentare i primi sintomi di stress idrico quando il potenziale idrico del suolo oscilla tra -0,08 MPa (olivo) e -0,04 MPa (actinidia).

Terreni profondi di medio impasto possono trattenere fino a circa 2.000 m³ha⁻¹, se si considera lo sviluppo dell'apparato radicale su tutta la superficie a disposizione e fino alla profondità di 1 m. L'acqua contenuta in tale volume di suolo può soddisfare il 30-40% del consumo idrico annuale di un frutteto situato negli ambienti meridionali. Nei terreni leggeri, superficiali ed in quelli con falda freatica superficiale, in cui l'apparato radicale non può svilupparsi in profondità, la quantità di acqua immagazzinabile è molto limitata e, conseguentemente, le piante sono più esposte ai danni per la carenza idrica.

Nei terreni con elevata capacità di ritenzione idrica (1.500-2.000 m³ ha⁻¹), in assenza di irrigazione, il contenuto idrico del suolo decresce lentamente durante l'anno permettendo alla pianta di adattarsi e limitare così i danni da deficit idrico. Al contrario, in terreni leggeri e/o superficiali ed in caso di apparato radicale superficiale, in assenza di irrigazione si verificano rapide variazioni di umidità del suolo tali da non permettere alla pianta di adattarsi allo stato di carenza idrica, determinando così una riduzione di turgore dei vari tessuti vegetali con inevitabili danni alle piante. La gestione del suo-

lo in condizioni di scarsa disponibilità idrica deve avere il duplice obiettivo di migliorare la sua capacità di ritenzione idrica e di eliminare o ridurre le perdite per evaporazione e traspirazione di eventuali altre specie presenti nel frutteto.

Le perdite di acqua per evaporazione possono raggiungere il 50% circa delle precipitazioni ed il 30% circa della evapotraspirazione annuale. 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. 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.

4. La conoscenza della pianta

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, come già sopra riportato, permette di calcolare la capacità di ritenzione idrica di tale volume e la quantità di acqua facilmente utilizzabile dalla pianta (foto 2 e 3).

Il volume di suolo esplorato dalle radici varia molto nei primi anni del frutteto e si stabi-



Foto 2. Nel caso di impianti a microportata, la "doppia ala gocciolante" permette di aumentare il suolo interessato dall'irrigazione e quindi la quantità di acqua disponibile per la pianta.

Photo 2. Double drip line allows to increase the amount of soil irrigated hence, increases the water available for trees.

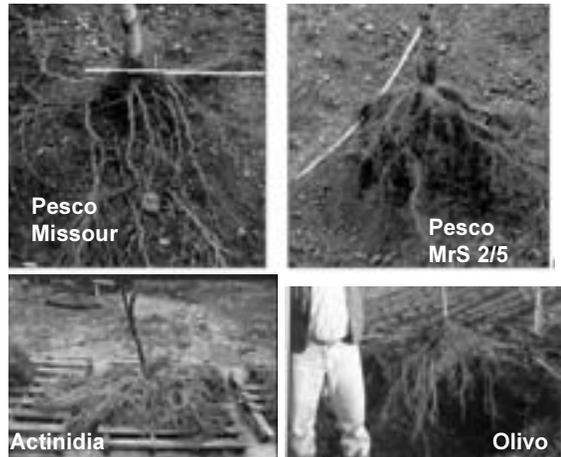


Foto 3. La conoscenza della dinamica di sviluppo dell'apparato radicale, in particolare nella fase di allevamento, permette di ottimizzare l'uso della risorsa idrica attraverso la giusta stima del volume di suolo esplorato dalle radici.

Photo 3. The knowledge on the evolution of root system in young trees allows to optimize the water use throughout the correct evaluation of the soil volume explored from root.

lizza con il completamento della struttura dell'albero (tabella 1). Tali informazioni sono indispensabili sia per la progettazione dell'impianto irriguo sia per la sua corretta gestione, in particolare per la definizione dei turni e dei volumi di adacquamento. In considerazione di ciò, è possibile adottare, nei primi anni dall'impianto, una disposizione dei gocciolatori secondo lo schema riportato in figura 1.

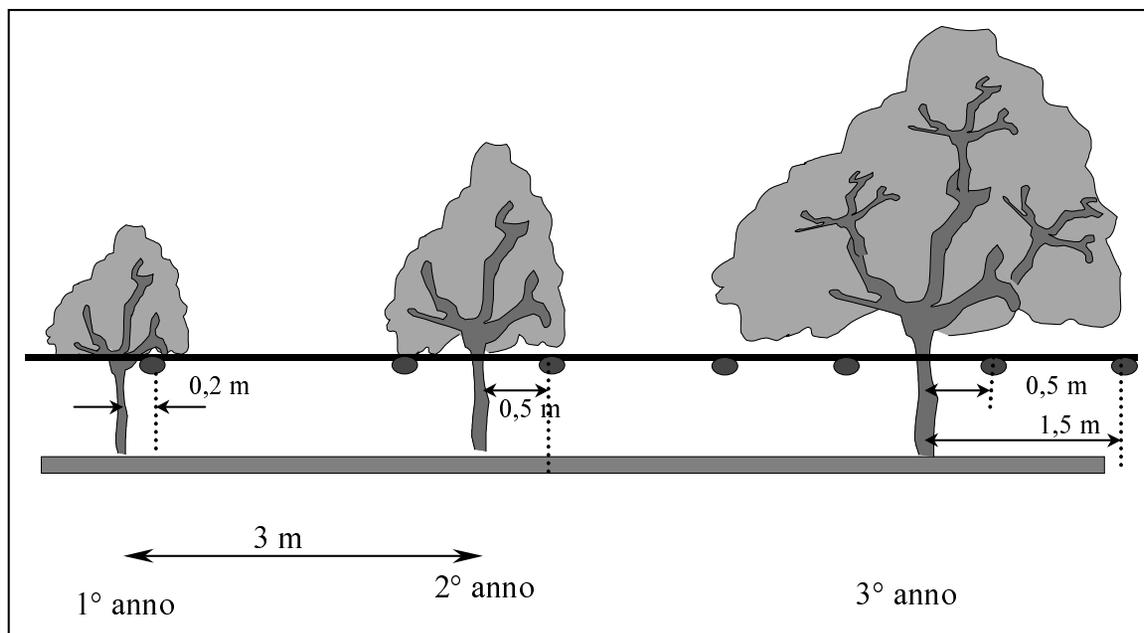


Figura 1. Esempio di posizionamento dei gocciolatoi nei primi 3 anni dall'impianto finalizzato ad aumentare l'efficienza del metodo irriguo.

Figure 1. Example of dripper positioning in the first three years after planting, finalized to increase the efficiency of irrigation system.

5. L'architettura della chioma, la sua gestione e l'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. La traspirazione dei frutti è trascurabile ma la loro presenza contribuisce ad aumentare il consumo idrico delle foglie (dal 5 al 15% circa). Mentre durante il giorno l'attività traspirativa è regolata prevalentemente dalla domanda evapotraspirativa dell'ambiente e secondariamente dalla disponibilità luminosa, l'attività fotosintetica è controllata *in primis* dal fattore luce. Le foglie che ricevono luce sufficiente per raggiungere il livello massimo di fotosintesi (800-1.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD), 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).

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 carbonio dovuto alla respirazione notturna. La parte della chioma che riceve meno del 20% della radiazione disponibile, quindi, non costituisce per il frutto 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., 1999a).

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 aumentando l'efficienza dell'uso dell'acqua (figura 2).

È consigliabile eliminare, con più interventi

Tabella 1. Evoluzione dell'area fogliare, del volume di suolo esplorato dalle radici, della riserva idrica disponibile e del rapporto riserva idrica/area fogliare di piante irrigate di actinidia, pesco ed olivo nei primi quattro anni (Da Xiloyannis et al., 1993 e 2000).

Table 1. Leaf area, soil volume explored by roots, soil available water, and soil available water/leaf area ratio in irrigated kiwi-fruit plants, peach trees, and olive trees during the first 4 years after planting (modified by Xiloyannis et al., 1993 e 2000).

Anni	I	II	III	IV
Actinidia: cv. Hayward (4.5*3.0m)				
Area fogliare (m ² p ⁻¹)	1,7	8,9	16,5	17,2
Volume di suolo esplorato (m ³ p ⁻¹)	0,1	0,8	1,35	1,41
Riserva idrica (L p ⁻¹)	12,8	72,3	147,4	154,0
Ris. idrica/Area fogliare (L m ⁻²)	7,5	8,1	8,9	9,0
Pesco: Vega/Missour (4.5*1.25m)				
Area fogliare (m ² p ⁻¹)	3,8	11,8	16,5	16,5
Volume di suolo esplorato dalle radici (m ³ p ⁻¹)	1,2	3,4	3,6	3,6
Riserva idrica (L p ⁻¹)	137,9	383,1	406,8	406,8
Ris. idrica/Area fogliare (L m ⁻²)	36,3	32,5	24,6	24,6
Olivo: cv. Coratina (6.0*3.0 m)				
Area fogliare (m ² p ⁻¹)	0,6	1,9	6,1	6,9
Volume di suolo esplorato dalle radici (m ³ p ⁻¹)	0,5	2,9	8,6	12,5
Riserva idrica (L p ⁻¹)	160	910	2.710	3.950
Riserva idrica/Area fogliare (L m ⁻²)	263	481	443	571

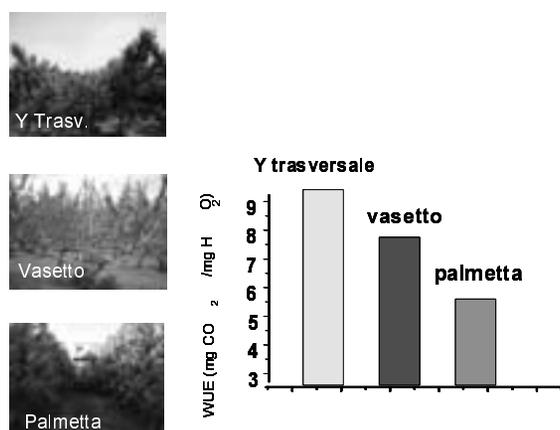


Figura 2. Efficienza dell'uso dell'acqua (WUE) in diverse forme di allevamento (Da Giuliani et al., 1999, rielaborato).

Figure 2. Water use efficiency (WUE) in different training system (modified by Giuliani et al., 1999).

di potatura verde, quella parte del legno non necessaria per la produzione dell'anno successivo. In questo modo si riduce l'area fogliare (figura 3) e quindi il consumo idrico e inoltre si ottimizza l'esposizione alla luce dei frutti e dei rami per la produzione dell'anno successivo. Con la potatura verde, in genere, si asportano da 5.000 a 10.000 m² di foglie per ettaro in un frutteto maturo.

L'esposizione alla luce migliora le caratteristiche qualitative e gustative del frutto, facilita l'accumulo degli elementi minerali che presen-

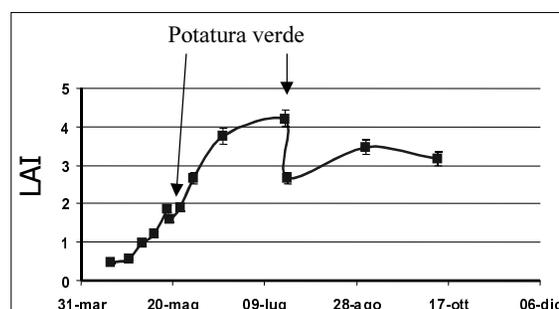


Figura 3. Con la potatura verde, da effettuare in più riprese durante la primavera-estate, oltre alla riduzione del LAI, e quindi dei consumi idrici, si ottiene un miglioramento della qualità del prodotto e della preparazione della piante per l'anno successivo. In figura, andamento del LAI in un pescheto (cv Sprincrest, Y trasversale, 1.111 p ha⁻¹) al terzo anno dall'impianto (da Gallotta, 2000).

Figure 3. Trend of leaf area index (LAI) in 3- years-old peach orchard. The summer pruning reduce LAI, water consumption, and increase fruit quality and fruiting shoot quality (modified by Gallotta, 2000).

tano scarsa mobilità all'interno della pianta (calcio) e migliora le sostanze di riserva nel legno e nelle gemme a fiore, e quindi anche la qualità del fiore stesso (Xiloyannis et al., 2002).

6. Stima dei consumi idrici della coltura

Il consumo idrico di un frutteto è determinato dalla somma della quantità di acqua trasferita

Tabella 2. Suddivisione del ciclo annuale di specie sempreverdi e caducifoglie (giorni) (rielaborata da Allen et al., 1998).

Table 2. Subdivision of annual cycle in evergreen and non-evergreen species. (modified by Allen et al., 1998).

Coltura	Inizio attività vegetativa	Iniziale	Sviluppo	Massimo	Finale	Totale
Actinidia	aprile	30	60	120	30	240
Agrumi	marzo	60	90	120	95	365
Olivo	aprile	30	90	155	90	365
Drupacee	marzo	20	100	120	30	270

dal terreno all'atmosfera attraverso i processi di evaporazione e di traspirazione da parte del frutteto e da altre specie eventualmente presenti sul terreno.

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 riferimento (ET_o). Nella seconda fase si applica all'ET_o il coefficiente colturale (K_c), che tiene conto degli aspetti dell'evapotraspirazione legati allo stadio di sviluppo della coltura.

Il risultato della stima è 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 colturali, comprese le piante arboree.

6.1 Scelta del K_c

Nel quaderno FAO n. 24 del 1977 e nella sua successiva revisione (Allen et al., 1998) il ciclo annuale di una pianta arborea da frutto cadu-

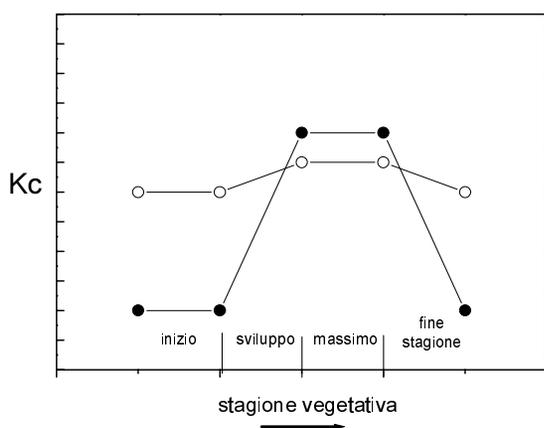


Figura 4. Andamento del K_c in piante a foglia caduca e sempreverdi durante le varie fasi della stagione vegetativa. (Allen et al., 1998).

Figure 4. Trend of K_c in evergreen and non-evergreen tree during different growth stages.

cifolia è suddiviso in quattro fasi: iniziale, sviluppo, massimo e finale (tabella 2, figura 4). La lunghezza della fase iniziale è relativamente breve. Successivamente, avviene una rapida crescita dell'area fogliare che raggiunge i valori massimi tra la fine di giugno e la metà di luglio. Questi valori si mantengono per tutto il mese di ottobre e nel mese di novembre iniziano i processi di senescenza fogliare, che si completano a dicembre.

Solo tre valori di K_c sono necessari per la costruzione di una curva stagionale di K_c, 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}}) (tabella 3).

In tabella 2 si riportano i coefficienti colturali di alcune specie 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.

6.2 Aggiustamento del K_c

Per i frutteti che non hanno ancora raggiunto le dimensioni finali il K_c 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.

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

$$A_{cm} = 1 - \sqrt{fc/fc_{max}}$$

dove fc indica la frazione di suolo attualmente ombreggiata dalla coltura e fc_{max} indica la frazione di suolo potenzialmente ombreggiata da un pescheto in piena produzione ed in condizioni biotiche ed abiotiche non limitanti (circa il 70% del suolo ombreggiato nel mese di luglio).

La frazione di suolo ombreggiata può essere misurata facilmente, anche se essa varia con l'ora del giorno ed il giorno dell'anno, si consi-

Tabella 3. Coefficiente colturale, Kc, 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 (u₂) = 2 m/s), raccomandato dalla FAO – Quaderno 56 – con il metodo Penman-Monteith per il calcolo dell'ETc (Kc_{mid} calcolato per le condizioni climatiche aride-semiaride) (rielaborata in accordo con Allen et al., 1998).

Table 3. Crop coefficient, and average height of fruit tree in well managed orchards (irrigation fertilization and health) in arid and semi arid climate recommended by FAO Book 56 (modified by Allen et al., 1998).

Coltura	Kc _{ini}	Kc _{mid}	Kc _{end}	Altezza della pianta (m)
SUOLO NUDO				
Actinidia	0,40	1,10	1,05	2
Agrumi ¹	0,70	0,72	0,75	4
Olivo ¹	0,60	0,77	0,70	4
Albicocco, pesco, susino ²	0,55	0,96	0,65	3
SUOLO INERBITO				
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 Il Kc 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 Il Kc 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 Kc_{end} rappresenta il valore del Kc prima della caduta delle foglie. In assenza di foglie, con suolo nudo, il Kc è pari a 0,15-0,2.

glia di effettuare la misura intorno alle ore 12:00 solari nei periodi di massima richiesta evapotraspirativa (luglio):

- nei frutteti allevati 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 un ettaro;
- nei frutteti allevati in volume con alberi singoli, l'area ombreggiata può essere approssimata all'area (cerchio) della proiezione della chioma al suolo. Tale area sarà moltiplicata per il numero di piante per ettaro, e si dividerà il risultato per la superficie (m²) di un ettaro.

7. 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 non trovano nessuna applicazione pratica. Nella quasi totalità delle aziende frutticole, l'inizio della stagio-

ne irrigua viene stabilito in modo empirico e, dunque, dipende dalla preparazione e dalla esperienza dell'operatore agricolo.

Nei terreni profondi ed in assenza di scheletro, possono essere impiegati 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) 0,06 MPa (drupacee) e -0,04 MPa (actinidia, 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 quota della 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 (in particolare turistico) 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.

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.

8. 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. Il fabbisogno irriguo di un frutteto può essere valutato attraverso un bilancio idrico giornaliero sulla base della seguente equazione:

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

In cui:

VI = Volume idrico da restituire (m^3/ha)
 em = Efficienza dell'impianto irriguo (0,3 ÷ 0,95)
 10 = Coefficiente di conversione da mm a m^3/ha
 ETc = Evapotraspirazione colturale (mm)
 D = perdite per drenaggio e percolazione (mm)
 R = perdite per ruscellamento superficiale (mm)
 Pu = apporti idrici naturali da pioggia utili per la coltura (mm)

Af = apporti idrici naturali da falda (mm)

RU = apporto idrico dalla riserva idrica del suolo (mm).

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.

Nei casi di corretta gestione dei volumi irrigui e nelle situazioni di falda profonda i termini D, R, Af sono trascurabili, pertanto la precedente equazione può essere approssimata alla seguente:

$$VI (m^3/ha) = [(ETc - Pu) / em] * 10$$

Per una programmazione irrigua è necessario conoscere, almeno settimanalmente, l'evapotraspirazione di riferimento e le precipitazioni. Dalla compilazione del bilancio tra l'acqua contenuta nel suolo e quella persa per evapotraspirazione della coltura si determina il momento dell'intervento irriguo. Nelle fasi sensibili alla carenza idrica l'intervento irriguo deve essere effettuato quando la quantità di acqua l'evapotraspirata nei giorni è pari alla quantità di acqua facilmente utilizzabile dalla pianta (circa 40-50% A.D.). Seguendo questo criterio i turni di adacquamento dipenderanno dalla velocità con la quale viene consumata l'acqua facilmente utilizzabile. Pertanto 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, durante il periodo giugno-agosto, dovranno essere di 1-2 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 durante l'autunno i turni possono essere più distanziati (5-7 giorni) in quanto i consumi idrici sono più bassi.

9. Fine della stagione irrigua

In molte aree frutticole, le favorevoli condizioni climatiche per l'attività delle foglie 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, soprattutto 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.

10. Lo stress idrico controllato

Al fine di conoscere, definire e governare situazioni di carenza idrica del frutteto, di seguito viene riportata una descrizione di tre livelli di carenza idrica con i relativi effetti sulla pianta.

Leggero: la pianta ha assorbito una buona parte dell'acqua facilmente utilizzabile contenuta nel suolo (30-40% della riserva idrica utile con potenziali idrici fogliari all'alba che oscillano da -0,4 a -0,6 MPa). Sintomi: riduzione dell'attività traspirativa e fotosintetica (20-30% circa) durante le ore più calde della giornata; durante il pomeriggio e la notte, la pianta recupera quasi tutte le riserve idriche dei vari tessuti; rallentamento del ritmo di crescita dei germogli; leggero aumento della temperatura fogliare; leggera diminuzione della crescita del frutto; immediato recupero di tutte le funzionalità, una volta ripristinate le condizioni idriche ottimali del suolo; nessun effetto negativo sull'attività vegetativa e produttiva dell'anno successivo; effetti positivi sulla qualità del prodotto e sull'efficienza dell'uso dell'acqua, in particolare se la carenza si verifica nelle fasi meno sensibili.

Moderato: la pianta ha esaurito tutta la riserva idrica facilmente utilizzabile (50-60% del-

la riserva idrica utile con potenziali idrici fogliari all'alba che oscillano da -0,7 a -0,9 MPa); l'estrazione dell'acqua dal suolo continua, ma con difficoltà. sintomi: blocco della crescita per allungamento dei germogli; riduzione del 50-60% dell'attività traspirativa e fotosintetica; aumento della temperatura fogliare nelle ore più calde della giornata, anche di 4-5 °C rispetto a quella di piante ben irrigate; moderata riduzione della crescita del frutto, in particolar modo durante la distensione cellulare; nessun effetto se lo stress idrico si verifica durante la seconda fase di crescita del frutto; la pianta non riesce a ristabilire, durante le ore notturne, le riserve idriche nei vari tessuti che sono state cedute al flusso traspirativo durante il giorno, con conseguente abbassamento del potenziale idrico fogliare rilevato all'alba; per il pieno recupero della sua funzionalità, la pianta necessita, una volta ristabilite nel suolo le condizioni idriche ottimali, di un periodo di 4-7 giorni; nessun effetto negativo sulla produzione dell'anno successivo se la carenza idrica si verifica dopo la raccolta, in particolare per le cultivar a maturazione precoce.

Severo: l'umidità del suolo è vicina al punto di appassimento della pianta (potenziali idrici fogliari all'alba da -1,5 a -2,0 MPa), la quale durante la notte riesce ancora ad estrarre dal suolo piccoli quantitativi di acqua che vengono accumulati nelle foglie e nei frutti; tali quantitativi sono sufficienti a sostenere una certa funzionalità delle foglie durante le prime 2-3 ore della mattina. sintomi: inizio dell'abscissione delle foglie; blocco della traspirazione e della fotosintesi durante la maggior parte della giornata, con conseguente aumento della temperatura fogliare anche di 8-10 °C rispetto a quella di foglie di piante ben irrigate; si evidenzia il disseccamento della lamina fogliare a partire dai margini; arresto totale della crescita di germogli e frutti, che perdono acqua durante il giorno; con la caduta delle foglie, le piante, se non disseccano, entrano in dormienza (eco-dormienza) per poi riprendere a vegetare e fiorire (seconda fioritura) in coincidenza delle prime piogge autunnali o di un intervento irriguo di soccorso, con forti ripercussioni sull'attività vegetativa e produttiva dell'anno successivo. Spesso si verifica un aumento delle anomalie fiorali (es. fiori con pistillo doppio).

L'applicazione del deficit idrico consiste nel-

Tabella 4. Fasi sensibili allo stress idrico (da moderato a severo) in alcune specie arboree (Da Xiloyannis et al., 2002).

Table 4. Growth stage more sensitive to deficit irrigation in some fruit tree species.

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

l'erogare una quantità di acqua inferiore a quella di cui la coltura necessita per il suo ottimale sviluppo. Una delle modalità di applicazione di recente più utilizzata è il deficit idrico controllato o regolato, attraverso il quale 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. 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 (tabella 4).

Il periodo in cui applicare lo stress idrico e la sua durata, è funzione delle caratteristiche della specie e delle cultivar all'interno di essa. L'applicazione del deficit idrico controllato è facilmente praticabile in suoli con una bassa capacità di immagazzinamento idrico e con impianti di irrigazione localizzata, caratteristiche che permettono il controllo dell'umidità nel suolo ed il raggiungimento di livelli di stress desiderati in tempi brevi. Per tutte le cultivar a maturazione precoce lo stress idrico controllato è applicabile con minore difficoltà nella fase post-raccolta. Durante tale fase è possibile applicare una riduzione del 50% del coefficiente colturale. La riduzione dei volumi irrigui non ha effetti negativi sulla quantità e qualità della produzione dell'anno successivo, riduce la crescita dei "succhioni" e degli "anticipati" ed aumenta la concentrazione dei solidi solubili e dell'azoto

negli organi di riserva in quanto riduce il consumo di tali sostanze da parte degli apici vegetativi. Il maggior accumulo dei carboidrati e delle sostanze azotate migliora la qualità dei rami e delle gemme ed inoltre, favorisce il processo di ripresa vegetativa dell'anno successivo.

Durante il periodo di deficit idrico, per evitare che si determinano forti stress con riflessi negativi sull'attività vegetativa, sulla qualità dei fiori e sulla produzione, i valori del potenziale idrico dello stelo rilevati nell'ora più calda devono essere compresi tra -1,5 e 1,7 MPa (Dichio et al., 2004). Con l'applicazione di questa tecnica si possono risparmiare nella frutticoltura meridionale fino a 2.000 m³ di acqua per ettaro all'anno.

Per le cultivar a maturazione tardiva, si può applicare agevolmente uno stress idrico controllato nella seconda fase di crescita del frutto (indurimento del nocciolo per le drupacee). Questa fase, in relazione alle cultivar, può durare anche un mese ed è caratterizzata da una crescita rallentata del frutto ed in genere da una elevata crescita dei germogli (Xiloyannis et al., 2005). L'applicazione del deficit idrico controllato in questo caso oltre ad essere vantaggioso per l'ottimizzazione della risorsa idrica, risulta uno strumento efficace per rallentare la crescita dei rami vigorosi, determinando una economia sugli interventi di potatura verde. La riduzione della velocità di crescita determina una migliore distribuzione della luce all'interno della chioma ed una migliore qualità del legno e delle gemme.

11. Conclusioni

Per una gestione della risorsa idrica in frutticoltura finalizzata a risparmiare acqua è necessario intervenire:

- nella scelta e corretta progettazione dei metodi irrigui localizzati;
- nella gestione del metodo irriguo;
- applicando lo stress idrico controllato durante le fasi del ciclo annuale in cui la pianta è meno sensibile alla carenza idrica;
- nella scelta dell'architettura della chioma e della sua corretta gestione, al fine di aumentare l'efficienza dell'uso dell'acqua da parte della pianta;
- nella corretta gestione del suolo;

- nel rafforzamento del ruolo dell'assistenza tecnica per un rapido trasferimento delle conoscenze sull'uso sostenibile delle risorse acqua;
- nella corretta programmazione degli ordinamenti colturali al fine di adottare, in particolare negli ambienti con scarse disponibilità idriche, quelle specie e portinnesti che meglio riescono a valorizzare tale risorsa.

Bibliografia

- Allen R.G., Pereira S.L., Raes D., Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper n. 56.
- Dichio B., Xiloyannis C., Nuzzo V., Montanaro G., Palessi AM. (2004) Risparmio di acqua nella peschicoltura precoce con la tecnica dello stress idrico controllato. Riv. Frutticoltura, 7/8:53-57.
- Gallotta P. 2000. Efficienza produttiva ed economica in piante di pesco (*Prunus persica* L. Batsch) allevate a Y trasversale ed a Vaso. Tesi di laurea, a.a. 1999-2000, Università della Basilicata, Potenza.
- Giuliani R., Magnanini E., Corelli Grappadelli L. 1999. Relazione tra scambi gassosi e intercettazione luminosa in chiome di pesco allevate secondo tre forme. Riv. Frutticoltura, 3:65-69.
- Mannini P., Zinoni F. 1993. Possibilità di applicazione dello "Stress idrico controllato" sul pesco in Emilia-Romagna. Riv. Frutticoltura, 4:73-77.
- Xiloyannis C., Massai R., Dichio B. 2005. L'acqua e la tecnica dell'irrigazione. In: Fideghelli C., Sansavini S. (eds.): Il Pesco. Edagricole, Bologna.
- Xiloyannis C., Dichio B., Celano G., Montanaro G. 1999a. La risorsa idrica fattore limitante per l'ulteriore sviluppo della frutticoltura meridionale. Riv. 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., Sofo A. 2002. Proposte per contenere i danni da siccità alle piante da frutto. Riv. Frutticoltura, 7-8:19-27.