

Innovazioni tecnologiche ed agronomiche per produrre pesche con basso impatto ambientale

Luca Corelli Grappadelli*

Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna

Technological and agronomic innovations for low environmental impact of the peach production

Abstract. Irrigation water management is one of the most promising technologies for improving peach production under sustainable growing conditions. Increasing quality and yields is paramount to maintain economic viability of this crop. Improving the usage of water, with an eye to sustainability as well, is a promising strategy. Currently water restitution is based on maintaining physiological levels in the tree, but the focus should really shift to fruit performance, as that is what ultimately is of relevance for the grower. Under orchard conditions, it's not a given that maintaining the best hydration of the tree is functional to top quality and yields. Knowledge on the vascular flows that support the growth of the peach is fundamental to achieve innovative strategies in water supply to the tree that combine both water savings and the highest fruit quality and yield. Considering the amounts of vascular inflows to the fruit and losses due to transpiration through the skin, one can see that this fruit achieves its growth by exchanging large amounts (several grams) of water and carbohydrates on a daily basis. Improving the accuracy of the timing of harvest (favoring delayed, rather than earlier, harvests) might lead to considerable gains in yield of larger, sweeter fruit (which are in the order of magnitude of half a ton per hectare per day).

Key words: Gas exchanges, water relations, irrigation, phloem, vascular flows.

Gestione della risorsa acqua

Nonostante l'aggiornamento varietale sia quasi unanimemente considerato come la principale forma di avanzamento della frutticoltura, le conoscenze di fisiologia continuano a fornire innovazione, "di processo", altrettanto capace di contribuire alla sostenibi-

lità della peschicoltura italiana. Una pratica agronomica di particolare importanza per l'aumento della sostenibilità della peschicoltura italiana è rappresentata dall'irrigazione, per l'importanza che il risparmio idrico in agricoltura ha, anche agli occhi dell'opinione pubblica che richiede crescenti riduzioni dell'uso della risorsa acqua in agricoltura, ma soprattutto perché la fisiologia di crescita di questo frutto si sposa benissimo con schemi di coltivazione pensati per la riduzione dell'uso di acqua, e quindi dei costi, senza penalizzazione della qualità e quantità della produzione. Questa nota passa in rassegna alcune delle più recenti acquisizioni della fisiologia di crescita della pesca, e sviluppa alcuni scenari produttivi futuribili, che potrebbero permettere di ridurre la quantità di acqua usata in peschicoltura, senza ripercussioni negative sulla qualità e quantità della produzione.

I volumi irrigui

Sorprendentemente, non si conoscono metodi di determinazione dei volumi irrigui (*irrigation scheduling*) di alcuna coltura da frutto basati sulla performance di crescita del frutto. I sistemi più comunemente utilizzati sono derivati da quelli messi a punto per colture di pieno campo, dal ciclo vitale alquanto semplificato rispetto a specie poliennali e policarpi che quali sono quelle da frutto. Questi sistemi stimano la quantità di acqua persa per traspirazione dalle chiome, e restituiscono volumi irrigui, variabili per fase fenologica, che mirano a ripristinare uno stato idrico della pianta ritenuto "ottimale", sulla base di stime del potenziale idrico del terreno, o del fusto, o di altri parametri funzionali della pianta. Negli alberi da frutto questo approccio irriguo probabilmente consente una buona fotosintesi, ma non può garantire che la popolazione dei frutti presenti sull'albero ne tragga il dovuto giovamento (Corelli Grappadelli *et al.*, 2012). Il processo di ripartizione degli assimilati fra i vari organi di accumulo presenti nell'albero non è infatti univoco e stabile nel tempo, e ci sono momenti durante la stagione vegetativa in cui i fotoassimilati

* luca.corelli@unibo.it

non sono diretti prevalentemente ai frutti, ma ai germogli. Quanto sopra è da tempo acquisito per le principali specie da frutto, ed è integrato da conoscenze, molto più recenti, dei fenomeni di approvvigionamento del frutto nell'arco delle 24 ore (Morandi *et al.*, 2007; Morandi e Corelli Grappadelli, 2010). Garantire una fotosintesi ottimale delle foglie non significa automaticamente una crescita altrettanto ottimale del frutto, poiché questo fenomeno, da un punto di vista "fisico", ovvero di accumulo di acqua e sostanza secca, ha delle dinamiche che variano sensibilmente nell'arco della giornata, e sono influenzate dallo stato idrico della pianta in modo inaspettato. Nel pero ad esempio, studi compiuti con una riduzione "dinamica" dei volumi irrigui commisurata al giorno per giorno, hanno evidenziato che la crescita dei frutti, in determinate fasi fenologiche, non mostra penalizzazioni in presenza di sensibili riduzioni dei volumi irrigui rispetto a quelli suggeriti dal portale IRRIFRAME del Canale Emiliano Romagnolo (Corelli Grappadelli *et al.*, 2013). Questo tipo di approccio, peraltro trasferibile con possibili aggiustamenti anche al pesco, permetterà in futuro di rendere l'irrigazione più rispondente alle effettive esigenze del frutto. Queste non richiedono necessariamente che l'albero sia sempre in condizioni libere da stress, per assicurare la miglior qualità del frutto. Al contrario, si può prevedere che lievi condizioni di stress idrico nelle ore più calde del giorno possano condurre ad aumenti di qualità senza perdite in produzione unitaria.

Il risparmio idrico

Anche se le specie da frutto non esibiscono consumi irrigui molto alti rispetto ad altre specie coltivate, è comunque indispensabile realizzare il maggior risparmio irriguo possibile. Per contenere i consumi d'ac-

qua delle specie arboree da frutto si può pensare anzitutto al condizionamento del microclima luminoso del frutteto, al fine di ridurre l'intensità luminosa con due conseguenze benefiche: da una parte, abbassando direttamente la temperatura delle foglie, si riduce la loro necessità di termoregolarsi attraverso la traspirazione; la riduzione della temperatura dell'aria oltre che della foglia, inoltre, abbassa il deficit di pressione di vapore (VPD) tra l'atmosfera e la camera sottostomatica, ovvero la seconda delle componenti della richiesta traspiratoria che l'ambiente esercita sulla pianta. Da un punto di vista della produttività fotosintetica l'abbassamento della luminosità non genera problemi, in quanto nelle condizioni ambientali italiane, l'intensità luminosa durante la buona stagione è sempre eccessiva, e causa danni da fotoinibizione e fotossidazione che penalizzano la performance fotosintetica della intera chioma (Losciale *et al.*, 2010), con conseguenze negative anche sulla crescita dei frutti (Corelli Grappadelli, non pubblicato). Infatti, studi recenti con reti ombreggianti "neutre" (che riducono in uguale misura tutte le lunghezze d'onda del visibile) hanno permesso di mettere in evidenza un effetto positivo sulla fotosintesi fogliare di pesco, anche arrivando a percentuali di riduzione della radiazione del 40% (Losciale *et al.*, 2010). Questa pratica non comporta penalizzazioni fotosintetiche in quanto la frazione energetica tolta con la rete costituisce luminosità in eccesso e quindi l'ammontare dei fotosintetati non cambia (tab. 1). Questo miglioramento di fotosintesi, accompagnato ad una riduzione della traspirazione, provoca un netto miglioramento, in condizioni di ombra, dell'efficienza di uso dell'acqua (WUE). Da un mero punto di vista dei carboidrati prodotti (e del quantitativo di frutti che ne può derivare) quindi, il pesco si potrebbe avvantaggiare da una riduzione della luminosità incidente sulla chioma,

Tab. 1 - Flusso fotonico fotosintetico (PPFD); fotosintesi netta (Pn), conduttanza, traspirazione, T atmosferica e efficienza d'uso dell'acqua (WUE) in foglie di pesco, cv. Alice Col, in piena luce e soggette a riduzione del 40% della radiazione visibile (riadattato da Losciale *et al.*, 2009). I dati sono stati raccolti su foglie della parete Est, in filari orientati N-S, a tre diverse ore del giorno.

Tab. 1 - photosynthetic photon flux (PPFD); net photosynthesis (Pn), conductance, transpiration, T Atmospheric and water use efficiency (WUE) in peach leaves, cv. Alice Col, in broad daylight and subject to reduction by 40% of the visible radiation (adapted from Losciale *et al.*, 2009). Data were collected on leaves of the east face, in lines oriented NS, at three different times of day.

Ora	Trattamento	PPFD ^z	Pn	Conduttanza	Traspirazione	T aria	WUE
		(mmol m ⁻² s ⁻¹)				(°C)	(Pn/Trasp.)
10:00	Contr.	1.801	18,4	0,33	6,65	31,1	2,77
	Ombra	1.049*	18,4	0,25 *	5,98 *	30,5 *	3,07*
13:30	Contr.	1.599	10,2	0,17	3,8	30,8	2,69
	Ombra	850*	9,23	0,11*	2,74 *	29,2 *	3,44 *
16:30	Contr.	201	3,14	0,07	1,94	28,2	1,74
	Ombra	100*	2,43	0,08	1,79	28,2	1,48

* valori significativamente differenti, all'interno della stessa ora per P= 0,05.

perché questa riduzione aumentando l'efficienza fotosintetica, aumenta la produzione unitaria. Tuttavia vi sono controindicazioni all'uso di ombreggianti per ridurre la dipendenza dall'irrigazione in questa specie, che riguardano penalizzazioni della qualità dei frutti, come verrà spiegato più oltre.

Gli studi di cui si riferisce sono relativi a una riduzione "neutra" (uguale per ogni lunghezza d'onda) dello spettro luminoso, non a quella ottenibile con reti fotoselettive (che invece filtrano la luce, lasciando passare certe lunghezze d'onda e non altre), verso la diffusione delle quali è il caso di spendere una parola di cautela, visti i costi e le "sorprese" che soluzioni adottate senza assistenza tecnica molto qualificata possono riservare. A titolo di esempio, è già stato osservato l'effetto delle reti blu sui pigmenti fotorecettori di questa lunghezza d'onda, le fototropine, che regolano l'apertura stomatica, con effetti positivi sulla fotosintesi, ma negativi sulla traspirazione, che si traduce in una maggiore quantità di acqua perduta attraverso gli stomi, e una efficienza di uso dell'acqua non particolarmente buona (Bastias *et al.*, 2012). Un altro effetto che molti si attendono dalle reti rosse, inoltre, è quello sulla colorazione dei frutti. Tuttavia, non sono infrequenti effetti negativi di reti rosse sul colore, poiché queste inglobano uno specchio dell'infrarosso che causa un intrappolamento dell'albedo del terreno (e dell'infrarosso associato) al di sotto della rete, ovvero all'interno del frutteto. Questo causa un aumento della temperatura che è responsabile della ridotta colorazione dei frutti che è stata osservata in numerosi casi.

L'innovazione legata alla capacità di modulare il microclima luminoso da un punto di vista della quantità di radiazione è già possibile con i prodotti più collaudati (reti antigrandine, reti ombreggianti neutre) disponibili per il frutticoltore. Questa innovazione permetterà nel prossimo futuro di risparmiare significativi quantitativi di acqua senza rinunciare alla qualità dei frutti, oltre che alla quantità. Esperienze condotte su melo hanno evidenziato, in un anno siccitoso come il 2013, che una riduzione dei volumi irrigui del 50% rispetto ad IRRIFRAME non ha comportato penalizzazioni produttive, mentre analisi sensoriali basati su panel test e assaggi di consumatori presso punti di vendita, non hanno evidenziato differenze nell'accettazione del consumatore di mele prodotte in questo modo rispetto al controllo irrigato al 100% (Corelli Grappadelli, non pubblicato).

Tuttavia questa innovazione non si deve estendere indiscriminatamente a tutte le specie, in quanto occorre considerare i meccanismi "fisici" in base ai quali il frutto cresce. Ci si riferisce ai meccanismi che regolano i flussi verso e dal frutto che avvengono attraverso

il sistema vascolare e la traspirazione dell'epidermide. Mentre per il melo, il cui frutto esibisce un meccanismo attivo di scaricamento del floema nel frutto (basato su trasportatori di membrana), i risultati fin qui ottenuti non mostrano controindicazioni da una riduzione molto sensibile (50%) della radiazione, per il pesco, il cui frutto cresce in base ad un meccanismo eminentemente passivo di scaricamento del floema, la riduzione della radiazione (e associate riduzioni di temperatura e VPD) possono indurre riduzioni nelle dimensioni e nel grado zuccherino del frutto. La comprensione di questo assunto richiede un breve riassunto della modalità di crescita della pesca.

I flussi vascolari e la crescita della pesca

La crescita di tutti i frutti è il bilancio tra la quantità di sostanza secca e di acqua che vi entra attraverso floema e xilema, che compongono il sistema vascolare, e l'acqua che può fuoriuscire dal frutto attraverso l'epidermide (traspirazione), oppure per richiamo dalle foglie, attraverso lo xilema. Nella pesca l'epidermide permette questa traspirazione perché mantiene una elevata conducibilità idraulica per tutta la stagione, fino alla raccolta. Le perdite per respirazione, così come l'eventuale fotosintesi del frutto possono essere trascurate, data la loro assai modesta entità in confronto agli altri flussi elencati sopra. La crescita è dunque costituita dalla somma algebrica di linfa floematica (che contiene anche sostanza secca, soprattutto carboidrati, a concentrazioni attorno al 17%), linfa xilematica (essenzialmente acqua e nutrienti minerali) e perdite di acqua per traspirazione. Nella pesca, questo processo raggiunge valore elevati, soprattutto nella fase di crescita per espansione cellulare, quando la somma delle due componenti che hanno segno positivo (floema e xilema) e quella negativa (la traspirazione) ammonta a 3-5 g di peso fresco giornalieri, ed anche più (fino a 6-7 g) in cultivar a frutto grosso e a maturazione tardiva (tab. 2).

Da un punto di vista delle variazioni di diametro, il frutto si contrae nelle ore più calde del giorno, per poi espandersi dal tardo pomeriggio fino all'alba del giorno successivo (fig. 1). Questa oscillazione "circa-diana" permette al frutto di abbassare il proprio potenziale idrico quando perde diametro, il che facilita lo scaricamento passivo dal floema perché abbassa il turgore del frutto stesso. Paradossalmente, la crescita del frutto è facilitata da aumenti, e non diminuzioni, della traspirazione epidermica in queste ore. Studi in cui si aumentava, tramite uso di teli riflettenti (Extenday®), o si diminuiva (con insacchettamento), la traspirazione dei singoli frutti hanno dimostrato che

Tab. 2 - Flussi vascolari e crescita di un frutto di pesca, in funzione del microclima luminoso. Tutti i dati sono espressi come variazioni giornaliere del peso fresco del frutto (g).

Tab. 2 - Streams and vascular growth of a peach fruit, in function of the microclimate bright. All data are expressed as daily changes of the fresh weight of the fruit (g).

Parametri	AGR	Traspirazione	Floema	Xylema
Ombra	5,22	-2,52 a ^z	3,56 b	4,19 b
Controllo	5,36	-5,01 a	4,22 ab	5,88 ab
Telo riflettente	8,18	-10,27 b	8,77 a	9,66 a
Significatività	0,08	0,002	0,01	<0,001

z = separazione in colonna tra le medie con test SNK. Il livello di significatività è dato nell'ultima riga, per ogni colonna. A valori superiori a 0,05 non viene di solito attribuito un livello di significatività statistica.

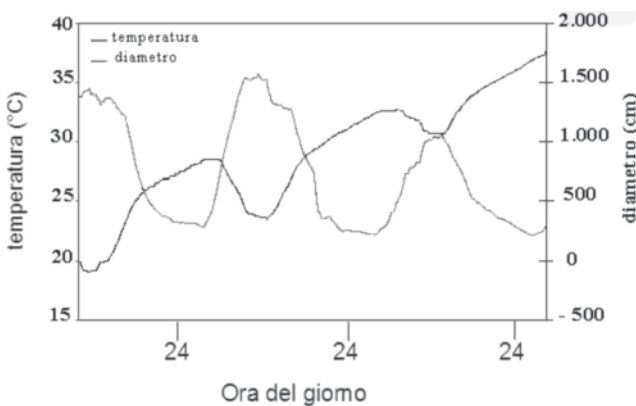


Fig. 1 - Variazioni giornaliere del diametro di pesche, e andamenti delle temperature. Il frutto riduce il proprio diametro in coincidenza delle ore più calde della giornata, per poi espandersi nel tardo pomeriggio e durante la notte.

Fig. 1 - Daily changes of the diameter of peaches, and temperature trend. Fruits reduces its diameter coinciding with the hottest hours of the day, and then expanded in the late afternoon and overnight.

la crescita del frutto ne è influenzata. Laddove la traspirazione è stimolata (trattamento con Extenday[®]), il frutto cresce di più e accumula maggiori quantità di zucchero, con vantaggi sia di dimensioni che di qualità gustativa (tab. 1). Dunque per questo frutto è fondamentale perdere acqua (facilitato da alto VPD, che si registra in piena luce) per aumentare, derivandola dal floema, la propria sostanza secca (carboidrati) che poi richiama acqua dallo xilema. Da quanto sopra discende che utilizzare l'ombreggiamento per risparmiare acqua nel pescheto potrebbe non sortire effetti positivi sulla crescita del frutto, a prescindere dal fatto che la fotosintesi ne sia avvantaggiata, come è stato riferito in precedenza (Losciale *et al.*, 2011). In altre parole, l'albero avrebbe un vantaggio fotosintetico, ma i frutti non potrebbero lucrarlo in quanto l'ombra ostacola il processo di crescita dei frutti.

Fortunatamente, l'ombreggiamento non è l'unico modo per sottrarre ad eccessi di luce la chioma di un

albero, particolarmente se si dispone, come nel caso del pesco, di forme della chioma legate al genotipo (es. habitus colonnare). L'allevamento del pesco in filari orientati N-S con portamento verticale andrebbe messo sotto esame da questo punto di vista, in quanto è possibile, combinando l'orientamento del filare e l'inclinazione della chioma, realizzare sistemi di impianto che non presentano "impronte" di intercettazione luminosa nelle ore più difficili per la fotosintesi (quelle più calde e con radiazione più intensa) e quindi avrebbero meno bisogno di perdere acqua per termoregolarsi e assicurare adeguati scambi gassosi.

Queste conoscenze permettono anche di spiegare effetti osservati da molto tempo su pesco allevato con utilizzazione di teli riflettenti come Extenday[®] (Morandi e Corelli Grappadelli, 2010). Questi studi infatti hanno mostrato un effetto positivo sulla crescita dei frutti e sul loro grado zuccherino, inizialmente attribuiti ad un aumento di fotosintesi (peraltro osservato a livello di intera chioma). Oggi si può invece affermare che è soprattutto l'effetto sul deficit di pressione di vapore (VPD) che porta ad un aumento della crescita del frutto. Da queste conoscenze consegue che sarebbe desiderabile, durante certe ore della giornata, poter indurre condizioni di leggero stress idrico nella pianta, in quanto questo creerebbe le migliori condizioni per la crescita del frutto. Come mostrato in figura 2, infatti, la crescita della pesca risponde positivamente all'aumento della traspirazione. Tuttavia, l'andamento non è lineare: ad un iniziale aumento di crescita in risposta a traspirazione crescente fa seguito una diminuzione di crescita, quando le condizioni ambientali (che determinano l'intensità della traspirazione) diventano eccessivamente "difficili" (la pianta si trova in condizioni di stress idrico eccessivo). Di particolare significato il fatto che meccanismi di questo tipo agiscono direttamente sulla concentrazione di

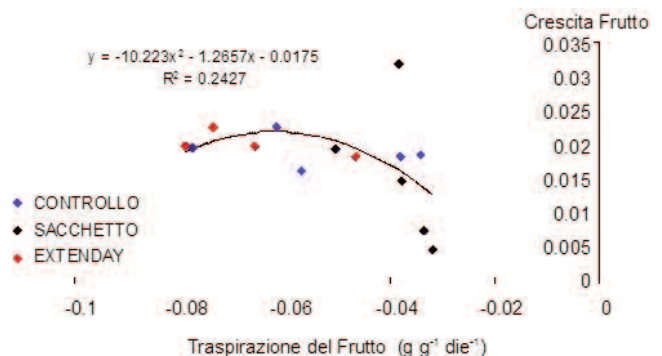


Figura 2. Risposta della crescita del frutto alla traspirazione del frutto stesso. Oltre un valore soglia, la crescita inizia a diminuire (rielaborato da Morandi *et al.*, 2011).

Fig. 2 - Response of fruit growth transpiration of the fruit itself. Beyond a threshold value, the growth starts to decline (revised from Morandi *et al.*, 2011).

zuccheri solubili nel citoplasma delle cellule della polpa del frutto, con evidenti ripercussioni dirette sulla qualità dello stesso.

Da quanto sopra, anche la scelta del metodo irriguo (goccia o microsprinkler) nel frutteto va fatta a ragion veduta. Gli stessi criteri che guidano alcuni verso i microsprinkler per il melo (possibilità di condizionare il microclima del frutteto, abbassando la temperatura e il VPD) vanno esattamente contro la necessità fisiologica della pesca, per poter assicurare la miglior performance di crescita.

Le strategie di gestione della crescita

Come dimostrato, le strategie di irrigazione dipendono dalla crescita del frutto, e sulle conoscenze fisiologiche di questa vanno commisurati gli interventi, specie nella fase finale di espansione cellulare. Per gestire in modo preciso la crescita del frutto necessitano modelli matematici, metodi di campionamento efficaci, e anche disponibilità di strumentazione sufficientemente poco costosa, ma capace di assicurare alta efficienza e precisione nella raccolta dei dati di dimensione del frutto. Sulla base dell'esperienza accumulata in melo e pero da parte di un gruppo di ricercatori operanti attraverso una start-up accreditata dall'Università di Bologna (HKconsulting.it), questa innovazione entrerà a poco a poco nella pratica applicativa. Occorre nel frattempo che maturino due condizioni. La prima è legata ad una percezione ancora molto imprecisa dell'utilità della conoscenza che ci può dire come intervenire per migliorare le dimensioni medie e la distribuzione in classi di pezzatura del prodotto alla raccolta. È questo l'ostacolo più difficile da superare, in quanto l'adozione di innovazione non è sempre percepita come prioritaria, specificamente per quanto riguarda metodologie di frutticoltura di precisione (Pierpaoli, 2013). La seconda condizione riguarda la effettiva difficoltà della raccolta dei dati, che in assenza di soluzioni dedicate è ancora un fattore che ritarda i necessari aggiornamenti tecnici. In questo caso l'innovazione tecnologica può venire in aiuto con tempi più celeri, dato che la realizzazione di strumenti di misura versatili e di costo relativamente basso è possibile, come lo strumento Calibit realizzato in due anni da HK-Consulting, e associato al portale PerFrutto, idoneo a celeri misurazioni del diametro del frutto. Grazie a questa "filiera dati" gli utenti possono inserire i propri dati in modo semplice e vedere in tempo reale le previsioni relative allo stato attuale e al prossimo sviluppo del frutto.

La conoscenza precisa ed in tempo reale del processo di crescita della frutta presenta anche altri aspet-

ti positivi, come ad esempio la possibilità di aumentare le rese produttive semplicemente ritardando la raccolta (laddove è possibile farlo senza impattare negativamente sulla qualità e shelf-life dei frutti). Nel caso di una cv di pesco di media maturazione, i cui frutti crescono a circa 4g/die, ipotizzando una produzione di 40 t/ha e un peso medio finale del frutto di 200 g, si può facilmente calcolare un aumento di $4 \times 2 \times 10^4$ g/ha, ovvero 0,8 t/ha al giorno. Per cultivar più tardive, capaci di portare a maturazione un numero maggiore di frutti, l'aumento sarebbe ancora maggiore. È da sottolineare che non si tratta di un aumento nel numero di frutti, ma nelle dimensioni di un numero fissato di frutti, ovvero un aumento nella qualità del frutto, prima che nella quantità.

Conclusioni

L'innovazione tecnologica che la fisiologia può portare alla peschicoltura è alquanto considerevole, in diversi campi. Per le modalità di crescita del frutto di pesco, è molto appropriato legare le pratiche irrigue alle conoscenze sui meccanismi di crescita del frutto, in particolare i flussi vascolari che ne permettono l'aumento di dimensioni. La pratica irrigua dovrebbe abbandonare i criteri di restituzione di volumi di evapotraspirazione, per essere modulata in funzione dell'ora del giorno e della fase fenologica. La pesca è un frutto che accelera costantemente nel corso della fase di distensione cellulare, e la consapevolezza di questo fatto dovrebbe incoraggiare maggiormente i frutticoltori a ritardare, piuttosto che anticipare, le raccolte.

Occorre fare opera di convinzione per modificare le tecniche agronomiche alfine di introdurre nuovi principi di monitoraggio e di gestione in tempo reale della crescita del frutto. Più di altre metodologie tradizionali (evapotraspirazione e umidità del suolo), il frutto indica come e quanta acqua somministrare.

Riassunto

La gestione dell'irrigazione è una delle tecnologie di coltivazione che maggiormente può contribuire all'aumento della sostenibilità della peschicoltura. L'aumento della qualità e delle rese produttive è essenziale per il mantenimento della redditività di questa coltura. Un uso più oculato della risorsa acqua ben si sposa con questa esigenza. Per ottimizzare l'efficienza degli apporti irrigui occorre spostare il focus dell'irrigazione dall'albero al frutto, in quanto non è scontato che le migliori condizioni fisiologiche dell'albero corrispondano ad un guadagno in qualità e peso del frutto. Le più avanzate conoscenze dei flussi

vascolari che sottendono la crescita del frutto possono servire per la determinazione di strategie innovative sulla determinazione del fabbisogno idrico del frutto e sull'utilizzo dell'acqua che consentano risparmi significativi di acqua senza conseguenze negative. La conoscenza dell'entità dei flussi vascolari e di traspirazione dell'epidermide del frutto mette chiaramente in mostra come la pesca cresca in virtù di scambi idrici e di carboidrati alquanto consistenti (dell'ordine di diversi grammi di peso fresco al giorno), e rivela come una miglior determinazione dell'epoca di raccolta, privilegiando il ritardo anziché l'anticipo, possa consentire di aumentare in modo considerevole (oltre la mezza tonnellata al giorno) le rese produttive del pescheto, e con queste anche i parametri qualitativi e quelli organolettici.

Parole chiave: Scambi gassosi, relazioni idriche, irrigazione, floema, flussi vascolari.

Bibliografia

BASTIAS R., MANFRINI L., CORELLI GRAPPADELLI L., 2012. *Exploring the potential use of photo-selective nets for*

fruit growth regulation in apple. Chilean Journal of Agricultural Research. 72:224-231.

CORELLI GRAPPADELLI L., MANFRINI L., ZIBORDI M., PIERPAOLI E., LOSCIALE P., MORANDI B., 2012. *Irrigare in funzione del frutto: innovazione possibile?* Riv. di Frutticoltura e di Ortofloricoltura, 5: 60-65.

CORELLI GRAPPADELLI L., MORANDI B., ZIBORDI M., MANFRINI L., PIERPAOLI E., ANCONELLI S., GALLI F., LOSCIALE P., 2013. *Nuove conoscenze fisiologiche per un'irrigazione più precisa*. Riv. di Frutticoltura e di Ortofloricoltura, 10:36-44.

LOSCIALE P., CHOW W.S., CORELLI-GRAPPADELLI L., 2010. *Modulating the light environment with the peach "asymmetric orchard": effects on gas exchange performances, photoprotection, and photoinhibition*. Journal of Experimental Botany, 61(4): 177-1192.

LOSCIALE P., ZIBORDI M., MANFRINI L., MORANDI B., CORELLI GRAPPADELLI L., 2011. *Effect of moderate light reduction on absorbed energy management, water use, photoprotection and photo-damage in peach*. Acta Horticulturae 907: 169-174.

MORANDI B., RIEGER M., CORELLI GRAPPADELLI L., 2007. *Vascular flows and transpiration affect peach (Prunus Persica Batsch.) fruit daily growth*. Journal of Experimental Botany, 58(14): 3941-3947.

MORANDI B., CORELLI GRAPPADELLI L., 2010. *The positive effect of skin transpiration in peach fruit growth*. Journal of Plant Physiology, 167(13): 1033-1037.

PIERPAOLI E., CARLI G., CANAVARI M., 2013. *A Literature Review on the Adoption of Precision Agriculture Technologies: a Step-by-Step Process?* Proceedings EFITA 2013.