

Impianti climatizzanti soprachioma contro le ondate di calore

S. ANCONELLI¹ - D. SOLIMANDO¹ - T. LETTERIO¹ - B. MORANDI² - L. CORELLI GRAPPADELLI² - G. BORTOLOTTI²
 G. GATTI² - S. TADI² - F. ROSSI³ - O. FACINI³ - C. CHIECO³ - M. GERIN⁴ - L. MANFRINI²

¹CER-Canale Emiliano Romagnolo - Bologna

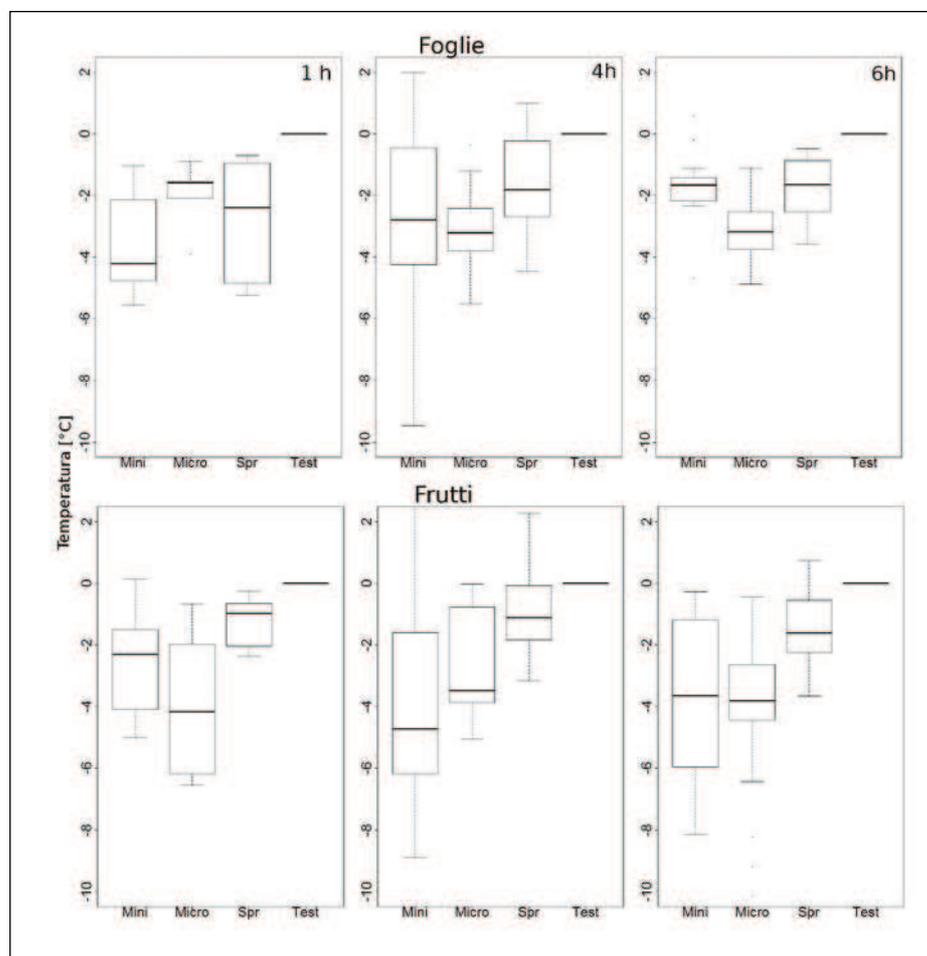
²DISTAL - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari - Università di Bologna

³IBIMET - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Bologna

⁴Società Agricola Vivai Mazzoni - Tresigallo (Fe)

Vanno meglio compresi i meccanismi fisiologici e produttivi di adattamento alla tecnica irrigua di climatizzazione soprachioma. I primi dati, fra l'altro relativi ad una stagione particolarmente critica come il 2017, non mettono in luce effetti positivi e duraturi di una tecnica attualmente in fase di rivisitazione da parte dei frutticoltori. In climi caldo-umidi, dove durante la notte l'umidità dell'aria aiuta il riequilibrio dello stato idrico delle piante, la tecnica appare totalmente ingiustificata e sostenibile in termini economici e di risparmio idrico.

Negli ultimi anni, in seguito al cambiamento climatico in atto, le stagioni irrigue sono state spesso pesantemente condizionate da situazioni meteorologiche estremamente calde e siccitose, che hanno in parte compromesso le produzioni del settore frutticolo, specie quelle sostenute da impianti irrigui a goccia inadeguati, con notevoli riduzioni di resa dovute a "colpi di calore", e quindi a scarsa pezzatura e conservabilità dei frutti. I valori di evapotraspirazione hanno spesso superato i 6-7 mm/giorno, rispetto ai 4-5 mm del decennio precedente, con la conseguente neces-



▲ Fig. 1 - Raffreddamento relativo rispetto al controllo non climatizzato, espresso in °C, sulla pagina inferiore della foglia e nella polpa del frutto (1 mm al di sotto dell'epidermide), in funzione della durata dell'intervento e della tipologia di irrigatore: Mini=minisprinkler, Micro=microsprinkler, Spr=microsprayer. Sono riportate la mediana, il 25° e il 75° percentile.

sità di un aumento dei volumi irrigui stagionali.

Gli impianti microirrigui dimensionati per le esigenze irrigue del passato, potrebbero perciò risultare insufficienti a compensare gli attuali picchi di eva-

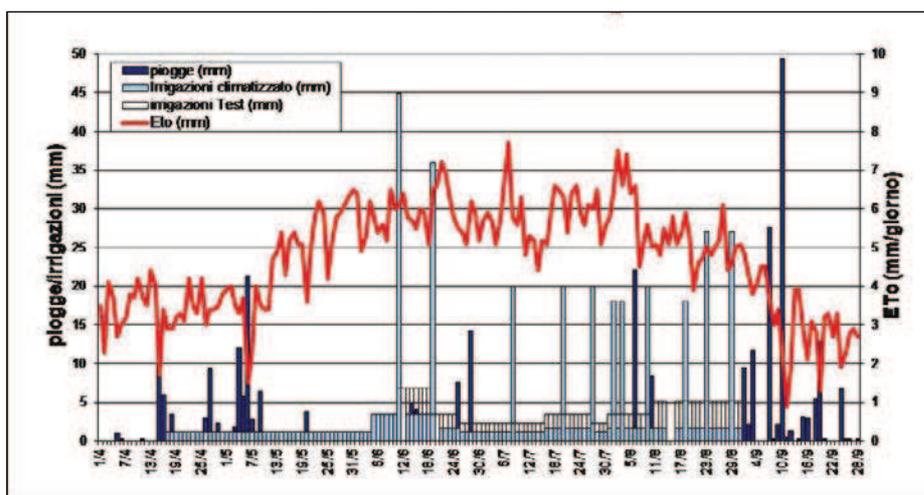
porato giornaliero: la parziale restituzione dei consumi, specie nel bimestre luglio-agosto, nel quale si registra il massimo accrescimento dei frutti, può dunque portare ad un prodotto di scarsa pezzatura.

Per contrastare le ondate di calore si è assistito spesso ad un uso improprio degli impianti irrigui: la prolungata assenza di precipitazioni e la necessità di continui apporti irrigui localizzati con l'irrigazione a goccia, può provocare, in taluni casi, all'eccessiva compattezza del terreno (e aumento della salinità in presenza di fertirrigazione) nella zona umettata con la micro-irrigazione.

Molti hanno raddoppiato le linee microirrigue, altri hanno adottato irrigatori semoventi (rotoloni), o impianti fissi a pioggia, ma senza corretti criteri di intervento, con un conseguente uso poco efficiente dell'acqua di irrigazione.

Alle luce delle crescenti difficoltà che incontrano gli agricoltori del comparto frutticolo, si è costituito un Gruppo Operativo (GO) finanziato dalla misura 16 del PSR 2014-2020 della regione Emilia-Romagna, con l'obiettivo generale di razionalizzare i sistemi irrigui sulle colture arboree, come adattamento ai cambiamenti climatici, affrontando tra gli altri il tema del contrasto alle ondate di calore, per mettere a punto le soluzioni più sostenibili per gli impianti climatizzanti, in grado di garantire prodotti di qualità con il minor impiego e l'efficientamento dell'acqua irrigua.

Tra i partner del gruppo operativo, coordinato dal Consorzio di Bonifica del CER ci sono il gruppo di ecofisiologia degli alberi da frutto dell'Università di Bologna – Distal, il CNR Ibimet, il



▲ Fig. 2 - Piogge, evapotraspirazione giornaliera e irrigazioni nel meleto.

CRPV, la Fondazione F.Ili Navarra di Ferrara e una notevole rappresentanza del comparto agricolo con i gruppi Apofruit, Fruit Modena Group e Vivai Mazzoni.

Il problema della climatizzazione dei frutteti con impianti irrigui soprachioma è stato affrontato in due attività distinte, la prima finalizzata alla verifica tecnologica sull'efficacia dei diversi tipi di irrigatori sulla climatizzazione dei frutteti, ad opera del CER presso la propria Azienda sperimentale "Acqua Campus" di Mezzolara di Budrio (Bo), la seconda finalizzata ad una verifica a pieno campo dell'uso razionale dell'impianto climatizzante nei frutteti (ad opera di CER, Unibo-Distal, CNR-

Ibimet) presso l'Azienda Mazzoni di Medelana (Fe).

Punto fondamentale, importante da considerare in entrambe le sperimentazioni, sono i tre possibili approcci per ridurre la temperatura ambientale nel frutteto:

- climatizzazione tramite convezione ("convective cooling"): si ottiene tramite la dispersione all'interno del frutteto di minuscole gocce di acqua (nebbiolina) cosiddetta "fogging system"; queste, trovandosi soggette sia alla radiazione solare che alla temperatura dell'aria, sottrarranno calore all'atmosfera passando allo stato gassoso e abbassandone la temperatura;
- climatizzazione tramite dilavamento ("hydro cooling"): si ottiene disperdendo l'acqua direttamente sulla pianta tramite irrigazione soprachioma; non avviene alcun passaggio di stato ma l'acqua allo stato liquido a contatto con la vegetazione è comunque in grado di sottrarre calore innalzando la propria temperatura prima di cadere al suolo;
- climatizzazione tramite evaporazione ("evaporative cooling"): si ottiene tramite la dispersione di acqua sulla vegetazione; a differenza del sistema precedente l'acqua sottrae calore sensibile dalla pianta per passare dallo stato liquido a quello gassoso (calore latente).

TAB. 1 - PRODUZIONE E PARAMETRI QUALITATIVI VALUTATI NEL MELETO COMMERCIALE DI MEDELANA (AZ. MAZZONI)

Melo	Numero frutti pianta	Pezzatura media (g)	Produzione (t/ha)	Prima Cat. (<di 70 mm) (Kg/pianta)	Scolorito (Kg/pianta)	Assoluto (Kg/pianta)
Controllo	60.8	257.23	37.21	6.68	4.00	1.68
Soprachioma	61.5	281.69	40.98	6.59	5.80	0.81

TAB. 2 - SCAMBI GASSOSI A LIVELLO FOGLIARE DELLA SPECIE PERO; I DATI SONO ESPRESSE COME: FOTOSINTESI ($\mu\text{MOL CO}_2 \text{ M}^{-2} \text{ S}^{-1}$), CONDUTTANZA STOMATICA ($\text{MOL H}_2\text{O M}^{-2} \text{ S}^{-1}$), TRASPIRAZIONE FOGLIARE ($\text{MMOL H}_2\text{O M}^{-2} \text{ S}^{-1}$) E POTENZIALE IDRICO DEL FUSTO (MPA)

	Pero	11 luglio (prima dell'irrigazione)	9 agosto (giorno di irrigazione)	10 agosto (giorno successivo all'irrigazione)
Fotosintesi ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Controllo	15,5	12,7	9,3
	Soprachioma	17,8	15,6	7,6
Conduttanza ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Controllo	0,17	0,14	0,14
	Soprachioma	0,21	0,21	0,20
Traspirazione ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Controllo	7,4	7,4	3,8
	Soprachioma	9,5	9,1	4,2
Potenziale idrico del fusto (Mpa)	Controllo	-1,56	-1,72	-1,63
	Soprachioma	-1,55	-1,74	-1,65

La climatizzazione del frutteto tramite la dispersione di acqua sfrutta, una combinazione di questi tre processi dei quali, spesso, solo uno è quello dominante a seconda dei sistemi impiegati.

Prove tecnologiche su pero

Su un pereto, dotato di diverse tipologie dimostrative di irrigazione, sopra

e sotto chioma, nel periodo giugno-luglio 2017 sono state confrontate tre tipologie di irrigatori, a) minisprinkler a schiaffo (irrigatori da 341 l/h e sesto di installazione 12x8 m), b) microsprinkler dinamici e c) microsprayers statici nebulizzanti (da 60-70 l/h disposti a 4x4 m), in modo da avere una pluviometria analoga per le tre tipologie, intorno a 3.5 mm/h, in interazione con diversi tempi (1, 4 e 6 ore) e turni di irrigazione, per valutare l'effetto climatizzante sulla temperatura dei diversi organi della pianta (foglie e frutti) mediante l'impiego di termocoppie e "datalogger": le termocoppie sono state incollate alla pagina inferiore delle foglie, mentre sui frutti sono state messe sia sulla superficie dell'epidermide, che un millimetro all'interno della polpa.

I primi risultati ottenuti dalle prove condotte nel 2017 hanno fornito i seguenti risultati. A prescindere dalla tipologia di irrigatore, sulle foglie è stato registrato un raffreddamento di 2-3°C rispetto al testimone. Sui frutti, che in

questa fase fenologica non traspirano, il raffreddamento è stato superiore, di 3-4°C, con picchi fino 5-6°C rispetto al testimone (Fig. 1).

Nella figura 1 è evidente come la durata dell'intervento climatizzante non influisce sull'efficacia del raffreddamento sia sul frutto che sulla foglia: il prolungamento dell'intervento (4 e 6 h di irrigazione climatizzante per le differenti tipologie di irrigatori) non garantisce in generale un raffreddamento ulteriore degli organi della pianta e l'effetto della durata sul valore medio del raffreddamento per il periodo dell'irrigazione rimane costante. Pertanto, la valutazione del tempo di intervento più consono deve essere fatta prevalentemente sulla base della durata dell'ondata di calore da contrastare perché comunque dopo 1-2 ore dalla fine dell'intervento irriguo le temperature tra testimone e tesi climatizzate si riequilibrano. Ulteriormente deve essere tenuto conto che sia la tipologia sia la durata dell'intervento irriguo devono

essere tarati sulla base delle disponibilità idriche e della fonte di prelievo aziendali e possono provocare l'insorgenza di differenti problemi fitosanitari (es. malattie fungine).

In termini di tipo di scelta dell'impianto irriguo in generale il minisprayer ha sempre evidenziato una minore efficacia climatizzante: il raffreddamento delle temperature degli organi della pianta con tale tipologia di irrigazione è risultato inferiore a 1°C sulle foglie e 2-3°C sui frutti rispetto agli altri due sistemi irrigui (Fig. 1). Evidentemente il getto nebulizzato e le piccole dimensioni delle gocce determinano una modifica più efficace delle condizioni microclimatiche del frutteto (calo di temperatura e aumento dell'umidità dell'aria) che non sul raffreddamento diretto per contatto su frutti e foglie.

Per quanto riguarda le differenze tra minisprinkler e microsprinkler non ci sono risultati univoci: entrambi i sistemi risultano efficaci, probabilmente perché l'effetto della maggior dimensione della goccia del minisprinkler "a schiaffo" (quindi con la bagnatura che segue gli intervalli della rotazione del getto) viene compensato dalla bagnatura in continuo connessa con il microsprinkler (Fig. 1).

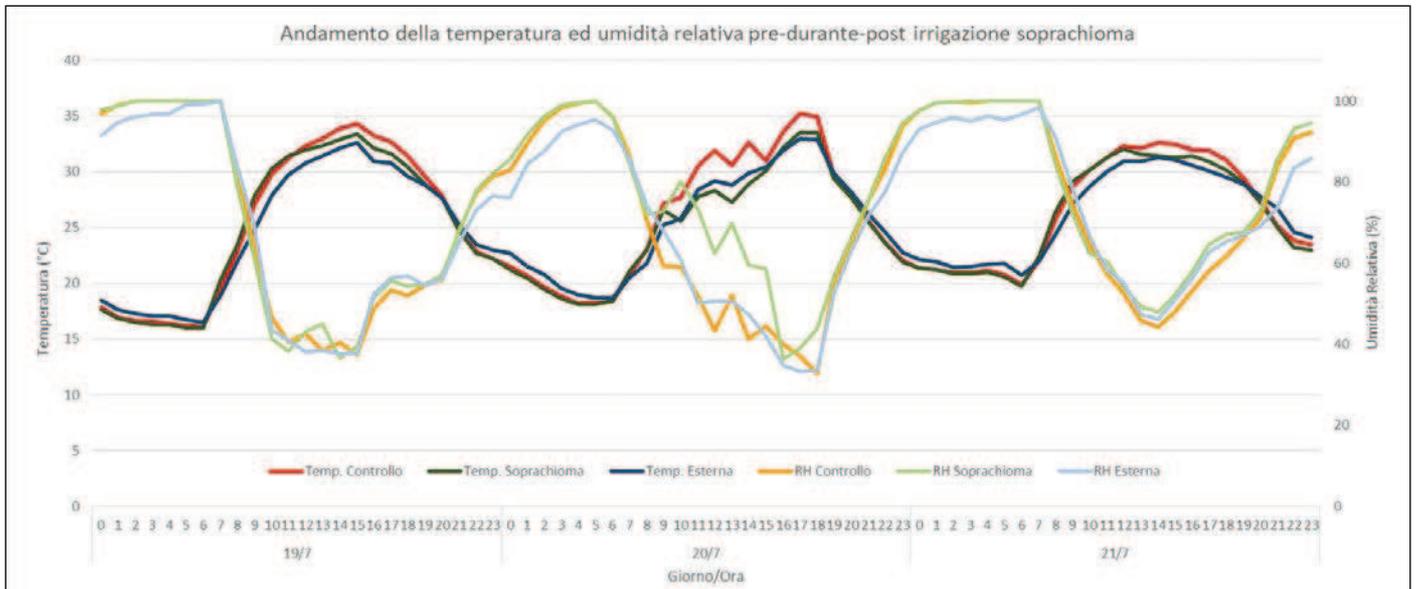
Verifica dell'impianto climatizzante nei frutteti

La verifica a pieno campo dell'uso razionale dell'impianto climatizzante nei frutteti è stata svolta su frutteti commerciali di melo Fuji/M9 e pero Abate Fétel/Sydo presso l'Azienda Mazzoni in località Medelana, in provincia di Ferrara. Nel 2017 è stata impostata una prova in cui una parte di frutteto irrigato con il normale sistema ad ali gocciolanti è stato confrontato con una parte irrigata con il doppio impianto (goccia e impianto a pioggia lenta soprachiuma da 4,5 mm/ora): nel controllo non climatizzato è stata inizialmente raddoppiata e successivamente triplicata l'ala gocciolante, per renderlo maggiormente simile ai volumi irrigui distribuiti ad aspersione. La gestione delle irrigazioni ha seguito le indicazioni del bilancio idrico di Irrinet del CER, per entrambi i trattamenti.

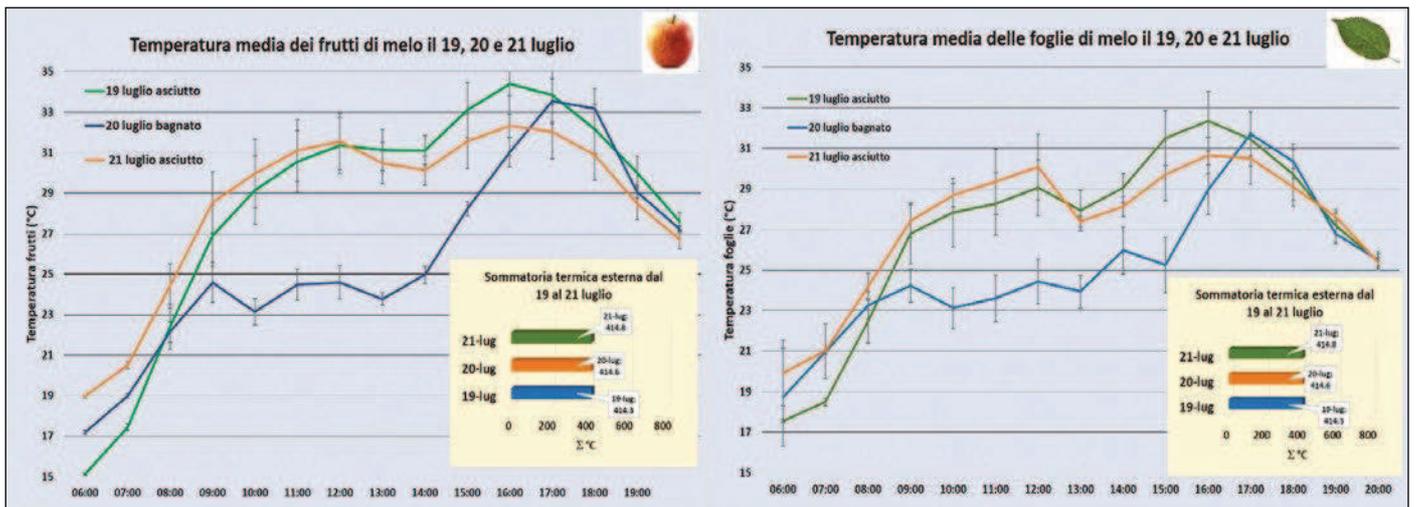
Le attività sono iniziate nell'estate 2017, caratterizzata da un trimestre giugno-agosto con pochissimi eventi piovosi (meno di 70 mm complessivi di precipitazioni), con valori di evaporazione giornaliera intorno ai 6 mm/giorno, con punte fino a 7-8 (Fig. 2). Le



▲ Fig. 3 - Particolare delle termocoppie poste su frutto (A), su foglia (B), dello strumento di misura degli scambi gassosi (C) e del sensore di misura precisa di crescita del frutto (D).



▲ Fig. 4 - Andamento delle temperature e dell'umidità relativa dell'aria misurate nella zona climatizzata, nel controllo e all'esterno del meieto nelle 24 ore del giorno precedente, del giorno dell'irrigazione e in quello successivo al trattamento climatizzante soprachioma.



▲ Fig. 5 - Andamento delle temperature misurate su frutto (sx) e foglia (dx) nelle 24 ore del giorno precedente, del giorno dell'irrigazione e in quello successivo al trattamento climatizzante soprachioma.

temperature massime giornaliere hanno spesso superato i 35 °C per diverse giornate consecutive nelle mensilità di luglio e agosto; il sistema di irrigazione soprachioma è stato pertanto attivato 11 volte lungo la stagione produttiva, quando le temperature giornaliere hanno superato per alcuni giorni consecutivi la soglia dei 33°C (Fig. 2), con volumi di intervento variabili da 18 a 45 mm (da 4 fino a 10 ore di durata).

I volumi irrigui stagionali sono stati per il pero di 370,7 mm solo a goccia per il controllo non climatizzato e 444,3 con il doppio impianto. Analogamente al melo sono stati distribuiti 383,5 mm a goccia per il controllo non climatizzato e 458,1 con il doppio impianto. Complessivamente pertanto i trattamenti climatizzati hanno ricevuto rispettivamente per il pero e per il melo

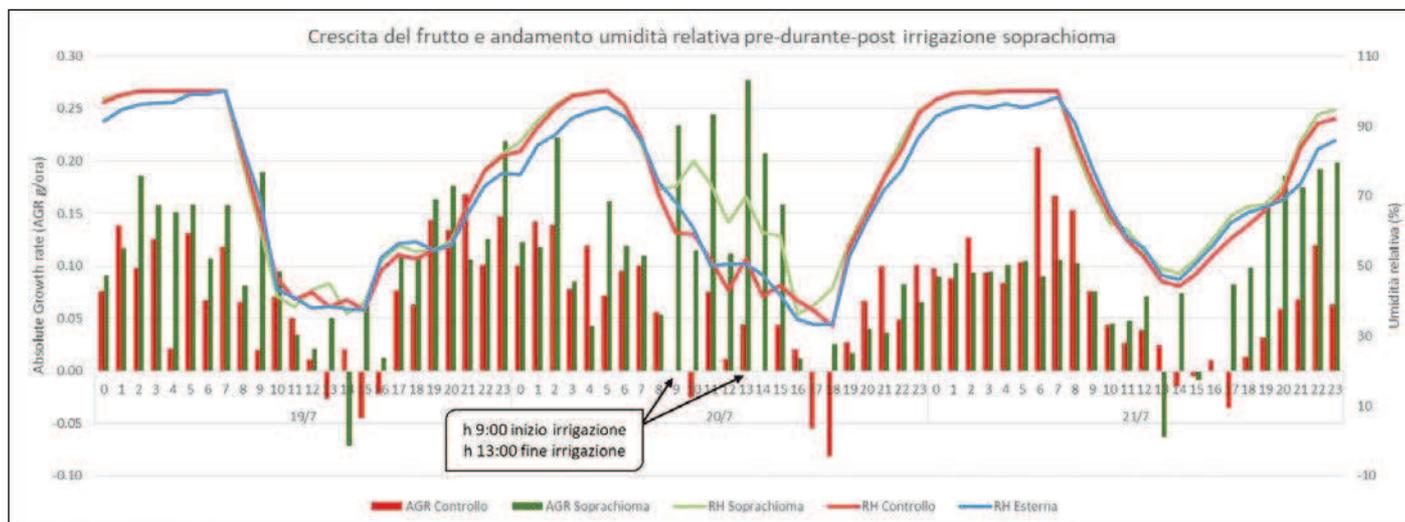
il 20 e il 19,5% in più di volumi irrigui stagionali rispetto ai controlli irrigati solo a goccia.

CNR-Ibimet ha allestito centraline di registrazione dati dotate di sensori (termocoppie) per il monitoraggio degli andamenti di temperatura delle foglie (Fig. 3B) e dei frutti (Fig. 3D) per l'intera stagione produttiva consentendo di monitorare prima, durante e dopo l'effetto dell'intervento irriguo climatizzante. Il gruppo di ecofisiologia degli alberi da frutto del Distal allo stesso modo ha contemporaneamente monitorato gli andamenti di temperatura e umidità ambientali, l'accrescimento dei frutti (Fig. 3A), gli scambi gassosi fogliari ed i potenziali idrici al fine di valutare gli eventuali effetti positivi e la loro durata sulle performance fotosintetiche della chioma e di crescita dei

frutti. Alla raccolta è stato valutato dal gruppo tecnico dell'azienda Mazzoni l'effetto del metodo irriguo sulla produttività e, per la specie melo, alcuni parametri relativi alla qualità dei frutti (Tab. 1).

I principali aspetti riscontrati nello svolgimento di questo studio possono essere riassunti nei seguenti punti:

- è stato verificato che la climatizzazione porta ad un cambiamento microclimatico, con un calo di temperatura e aumento di umidità dell'aria (Fig. 4), che favorisce una maggior attività fotosintetica nel caso del pero mentre non è statisticamente significativa nel melo (Tab. 2), e un maggior accrescimento del frutto nel periodo corrispondente all'intervento irriguo (Fig. 6);
- l'effetto della climatizzazione risulta essere tuttavia limitato nel tempo



▲ Fig. 6 - Rappresentazione della crescita del frutto (grammi accumulati per ora) ed andamento dell'umidità relativa nelle 24 ore nel giorno precedente, del giorno dell'irrigazione e in quello successivo al trattamento climatizzante soprachioma.

e grosse variazioni delle temperature delle foglie e dei frutti sono state verificate nella sola giornata dell'intervento, protraendosi al massimo per alcune ore dopo la fine dell'irrigazione (Fig. 5); le termocoppie posizionate sui frutti e sulle foglie infatti non evidenziano, in condizioni di giornate molto simili (sommatoria termica pressoché uguale) alcuna differenza nell'andamento giornaliero precedente e successivo all'intervento irriguo soprachioma. Solo per la crescita del frutto si individuano effetti residui positivi ma non prolungati (Fig. 6), come dimostrano le produzioni a fine stagione sia su pero che in melo (Tab. 1) dove i trattamenti irrigati soprachioma non si discostano dal controllo non climatizzato. Si osserva però una riduzione dei fenomeni di eccessi di calore nel melo, dove i quantitativi di frutti con presenza di scottature risultano inferiori nella tesi climatizzata, ma nessun effetto significativo sulla colorazione dei frutti (Tab. 1);

- gli incrementi dei volumi irrigui restituiti nei trattamenti climatizzati non hanno indotto incrementi di produzione. Nella specie melo la pezzatura media nel controllo è risultata inferiore, ma in misura statisticamente non significativa (Tab. 1);

- il tasso di crescita del frutto, per meccanismi ancora da chiarire completamente, risulta molto incrementata non appena l'irrigazione climatizzante viene attivata (Fig. 6). Tale aumento nel tasso di crescita assoluto (AGR) decresce nelle ore successive alla fine dell'irrigazione soprachioma e, probabilmente per maggiori quantitativi di acqua residui nel frutteto, viene mantenuta nelle ore pomeridiane e notturne

del giorno successivo (Fig. 6). Tale incremento non ha però, come già sottolineato, incrementato le rese produttive a fine stagione;

- le misure di scambi gassosi su pero hanno messo in luce che la climatizzazione non ha ridotto in modo significativo i livelli di stress idrico valutati attraverso la misura dei potenziali idrici (Tab. 2). L'unica differenza evidenziata è stata riscontrata nelle misure degli scambi gassosi nel rilevamento subito successivo al trattamento di irrigazione soprachioma (Tab. 2). Nella prova relativa alla specie melo non è stata evidenziata alcuna differenza statistica sia nelle misure dei potenziali idrici del fusto che degli scambi gassosi. È comunque opportuno sottolineare che nel giorno della climatizzazione le piante di controllo, sebbene in misura non statisticamente differente, ha evidenziato valori di fotosintesi in media più ridotta.

Conclusioni

L'attività sperimentale di campo verrà replicata anche nella stagione 2018 al fine di meglio comprendere i meccanismi fisiologici e produttivi di adattamento alla tecnica irrigua di climatizzazione soprachioma. Tale pratica non ha, infatti, per ora chiarito alcuni aspetti legati alle rese e alla qualità delle produzioni, restituendo risultati non del tutto soddisfacenti, pur con una stagione 2017 particolarmente critica. L'irrigazione climatizzante soprachioma sembra una tecnica interessante per favorire la produzione in zone caldo-aride (Evans, 1993; Lakatos, 2016). I primi risultati sembrerebbero mostrare che nell'area-

le ferrarese, con clima caldo-umido (di notte l'umidità dell'aria è spesso vicina al 100% aiutando il riequilibrio dello stato idrico delle piante, es. Fig. 4), questa tecnica risulta una pratica meno sostenibile, sia in termini economici sia di risparmio idrico.

Sulla base dei risultati del progetto verranno redatte le "Linee Guida per la Climatizzazione dei Frutteti" (temperature di allarme, corretto timing delle irrigazioni in funzione delle tipologie di irrigatori impiegati, tipologie più efficaci nel raffreddamento degli organi della pianta). Verrà implementato un sistema di allerta contro le ondate di calore e si provvederà a progettare e realizzare, assieme al Servizio Meteorologico Regionale di Arpa, l'elaborazione di mappe territoriali che rappresentino le criticità climatiche da introdurre all'interno dei bollettini agrometeorologici settimanali nella documentazione fornita agli incontri dei Coordinamenti, regionale e provinciali, dei tecnici della produzione integrata.

BIBLIOGRAFIA

- Evans, R.G., 1993. Over tree evaporative cooling system design and operation for apples in the PNW. Good Fruit Grow. Yakima, WA 44, 23-27.
- Lakatos, L. 2016. The role of water in microclimate manipulation in orchards. Aerial și Apa: Componente ale Mediului, (8), 416-423. ■

Ringraziamenti: Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma Regionale di Sviluppo Rurale 2014-2020 – Tipo di operazione 16.1.01 – Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: Pproduttività e sostenibilità dell'agricoltura – Focus Area 5A. – Progetto 5004775 "Razionalizzazione dei sistemi irrigui sulle colture arboree in risposta ai cambiamenti climatici"

